



TESIS SF-14502

**PEMBUATAN PROTOTIPE ALAT VISKOSITAS CRUDE OIL
DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR PROXIMITY**

**D J A M A N
NRP. 1114 201 024**

**DOSEN PEMBIMBING
Dr. Melania Suweni Muntini, M.T**

**PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN INSTRUMENTASI
JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016**



TESIS SF-14502

**PROTOTYPE DESIGN TOOLS WITH CRUDE
OIL VISCOSITY SENSOR PROXIMITY**

D J A M A N

NRP : 1114 201 024

SUPERVISOR

Dr. Melania Suweni Muntini, M.T

PROGRAM OF MAGISTER

SPECIFICATION PROGRAM INSTRUMENTATION

DEPARTEMENT OF PHYSICS

FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCES

INSTITUTE OF TECHNOLOGY SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2016

**PEMBUATAN PROTOTIPE ALAT VISKOSITAS CRUDE OIL DENGAN
MENGUNAKAN SENSOR PROXIMITY**

**Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Sains (M.Si.)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya**

**Oleh:
D j a m a n
NRP. 1114201024**

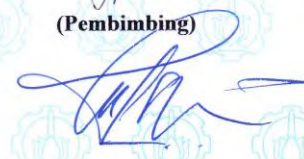
**Tanggal Ujian : 21 juli 2016
Periode Wisuda : September 2016**

Disetujui oleh:

**Dr. Melania Suweni Muntini, M.T.
NIP. 19641229 19002 2 001**


(Pembimbing)

**Dr. Mashuri, S.Si., M.Si.
NIP. 196912161 99402 1 001**



(Penguji 1)

**Endarko, Ph.D.
NIP. 197411171 99903 1 001**


(Penguji 2)



Direktur Program Pascasarjana,


**Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D.
NIP. 19601202 198701 1 001**

PEMBUATAN PROTOTIPE ALAT VISCOSITAS CRUDE OIL DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR PROKSIMITI

Nama Mahasiswa : D j a m a n
NRP : 1114 201 024
Jurusan : Fisika FMIPA-ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Melania Suweni Muntini, MT.

ABSTRAK

Telah dilakukan pembuatan viskometer metode bola jatuh yang merupakan alat ukur viskositas. Dengan mengukur waktu yang dibutuhkan sebuah bola yang melewati cairan dengan jarak tertentu berdasarkan prinsip hukum Stokes. Kesalahan dalam menentukan nilai viskositas disebabkan waktu tempuh bola yang melintas dalam fluida yang berviskositas dihitung secara manual. Hal ini menyebabkan adanya kesalahan dalam menentukan nilai viskositas. Oleh sebab itu, pada penelitian ini dibuat prototipe viskometer bola jatuh yang dapat mengukur waktu tempuh bola secara otomatis dan mengolahnya untuk mendapatkan nilai koefisien viskositas. Prototipe pada penelitian ini menggunakan, arduino, Sensor proximity dan bola besi untuk mendeteksi waktu tempuh bola besi saat dijatuhkan pada crude oil yang diuji. Waktu tempuh yang tercatat oleh arduino melalui sensor proximity digunakan untuk menghitung nilai koefisien viskositas crude oil.

Kata kunci : Viskositas, metode bola jatuh, Sensor Proximiy,

DAFTAR ISI

LEMBARAN JUDUDL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vi
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
BAB 1 : PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	3
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3.Tujuan penelitian.....	3
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Manfaat penelitan	4
BAB 2:TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1.Crude oil.....	5
2.2. Viscositas	5
2.2.1. Viskosita crude oil	9
2.2.2. Menghitung viskosita crude oil dengan metode bola jatuh.....	10
2.3. Akuisisi data.....	13
2.3.1. Karakteristik Sensor.....	14
2.3.2. Sensor metal	15
2.3.3. Sensor Temperatur LM35	17
2.3.4. Pengkondisi Sinyal.....	17
2.3.5. Arduino	21
2.4. Sifat dielektik crude oil	23
2.5. Deskripsi Viskometer bola jatuh.....	24
2.6. Hubungan viskositas dan permitivitas	25
BAB 3: METODE PENELITIAN	27
3.1.Perangkat dan bahan	27
3.2. Proses kerja Viskometer.....	29
3.3.Metode kalibrasi.....	31
3.4. Prosedure kalibrasi	33
3.5. Proses Pengambilan Data.....	33
3.6. Pengolahan dan intepretasi data	35
BAB 4: HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1. Spesifikasi, data teknis dan fitur prototype	38
4.2. Data sensor	39

4.2a. Sensor proksimty.....	39
4.2b. Pengujian sensor proksimty dan karakterisasi	42
4.3. Data beberapa Oli referensi sebagai pembanding	45
4.4. Pengujian waktu tempuh bola untuk berbagai jenis sampel oli Dengan menggunakan alat viskositas	46
4.5. Pengukuran nilai viskositan dengan variasi suhu	48
4.6. Pengukuran dan pengujian crude oil	52
BAB 5 : SIMPULAN DAN SARAN.....	55
5.1. Kesimpulan	55
5.2. Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA	57

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. pengujian sensor pada arah horizontal	42
Tabel. 4.2. Penujian sensor pada arah vertical	44
Tabel. 4.3. Data referensi nialai viskositas pada masing – masing sampel oli pada suhu 40 ⁰ C	45
Tabel 4.4. Data hasil pengukuran waktu tempuh masing – masing oli SAE dengan variasisuhu	46
Tabel 4.5. Data hasil pengukuran viskositas masing – masing oli SAE dengan variasi suhu	51
Tabel. 4.6. Data pengukuran waktu tempuh bola besi pada crude oil dengan variasi suhu	52
Tabel. 4.7. Data hasil perhitungan viskositas crude oil denga variasi suhu.....	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Crude oil.....	5
Gambar 2.2. Efek Viskositas.....	7
Gambar 2.3. Pengaruh suhu terhadap viscositas minyak.....	10
Gambar 2.4. Bentuk fisik Sensor Proximity.....	16
Gambar 2.5. Diagram Sensor Proximity.....	16
Gambar.2.6. Karakteristik Sensor Proximity.....	17
Gambar 2.7. Bentuk phisik sensor LM35.....	18
Gambar 2.8. Grafik akurasi sensor LM35.....	19
Gambar 2.9. Rangkaian pengkondisi sinyal.....	20
Gambar.2.10. Gambar papan dan komponenn- komponen arduino.....	21
Gambar. 2.11. Gaya yang bekerja pada benda yang bergerak dalam fluida diam.....	24
Gambar 3.1. prototipe alat viscositas.....	30
Gambar 3.2. Pengaturan jarak deteksi sensor secara berulang untuk Medapatkan hasil yang tepat.....	31
Gambar 3.3. Flow Chart proses karakterisasi dan pengujian viscositas crude oil.....	34
Gambar 3.4. Diagram alir kerja pengolahan data.....	35
Gambar 4.1. Hasil rancang bangun prototipe Viscositas Crude Oil.....	37
Gambar 4.2. Sistem jarak deteksi sensor Proximity.....	41
Gambar 4.3. Pengaturan jarak deteksi.....	41
Gambar 4.4. Output tegangan sensor proximity dengan 3 kabel VDC.....	41
Gambar 4.5. Grafik Pengujian sensor Pada arah horisontal.....	43
Gambar 4.6. Grafik Pengujian sensor Pada arah Vertikal.....	44
Gambar 4.7. Grafik hasil pengukuran viskositas oli pada masing – masing sampel dan dengan variasi temperature.....	51
Gambar 4.8. Grafik hasil pengukuran viskositas crude oil dengan variasi suhu.....	53

Daftar lampiran

1. Data waktu tempuh bola jatuh pada Oli SAE - 10W30	59
2. Data waktu Tempuh bola jatuh pada Oli SAE -15W40	59
3. Data waktu Tempuh bola jatuh pada Oli SAE -20W40	60
4. Data waktu Tempuh bola jatuh pada Oli SAE - 20W50	60
5. Data waktu Tempuh bola jatuh pada Oli SAE 15W40.....	61

BAB 3

METODE PENELITIAN

Pengujian penelitian ini menggunakan viskometer bola jatuh, dimana prinsip pengukuran ini terutama untuk pengukuran viskositas dari crude oil yang sangat viskos pada suhu kamar. Pada viskometer jenis ini, suatu bola besi dilepaskan dari atas puncak suatu tabung secara vertikal yang berisi crude oil dengan tujuan agar dicari viskositasnya. Dimana dalam pengukuran ini waktu (t) merupakan waktu yang diperlukan oleh suatu bola jatuh dari permukaan puncak tabung dengan panjang lintasan yang telah ditentukan, dan bola jatuh yang melintas dalam tabung waktu jatuhnya diukur dengan menggunakan Sensor proximity. Setelah mendapatkan waktu tempuh pada percobaan bola jatuh oleh sensor melalui arduino kemudian tampilan waktunya ditunjukkan pada layar komputer oleh, maka dengan parameter waktu inilah kita dapat menemukan koefisien viskositasnya serta menghitung indeks viskositas dari crude oil tersebut dengan menggunakan formula empiris sebagai mana yang terdapat pada persamaan (2.18) BAB 2 dalam penulisan ini. Dalam penelitian ini juga dapat membandingkan hasil dari perhitungan dan data referensi.

3.1. Perangkat dan bahan

Tahapan pengujian ini merupakan langkah – langkah yang ditempuh secara berurutan dari awal hingga akhir pengujian. Tahapan awal pengujian meliputi

1. Studi literatur untuk mendapatkan referensi dan literatur yang mendukung proses pengujian.
2. Melakukan percobaan pada laboratorium Instrumentasi jurusan fisika ITS
3. Meraikit dan menentukan letak sensor dan komponen pendukung lainnya
4. Mempersiapkan peralatan yang digunakan untuk pengujian yaitu :
 - Viscometer yang dibuat
 - Micrometer
 - Timbangan Digital

- Gelas ukur
- Sampel oli SAE dan Crude oil.
- Bola besi
- Unit perangkat peralatan Aurdino dan aksesorisnya

Pengujian dilakukan dengan langkah – langkah sebagai berikut.

1. Mengukur diameter bola besi dengan mikrometer
2. Menimbang bola besi, untuk memperoleh massa setelah itu menghitung massa jenis bola tersebut.
3. Setelah crude oil dimasukan kedalam pipa acrilick, kemudian bola dijatuhkan dari puncak pipa, kemudian mengamati bola yang terdeteksi sensor dari jarak titik (S) dan berasumsi bahwa pada jarak ini bola telah mencapai kecepatan konstan atau kecepatan terminal. Kemudian bola melaju terus sampai pada saatnya mencapai jarak terminal berikutnya yaitu 27 Cm, dimana bola telah mencapai titi F. Setelah bola mencapai titik F ini bolapun berhenti. Proses penghitungan waktu yang terjadi adalah pada saat bola mencapai sensor pertama (s) sensor bekerja dan saat inilah dimulainya proses penghitungan waktu, kemudian sensor melanjutkan lajunya ke arah sensor kedua (F) dan setelah bola mencapai titik ini proses penghitungan waktupun terhenti. Dan pada kondisi ini diakuisisi datanya secara otomatis oleh arduino.
4. Setelah semua dilakukan pada pengujian ini dilakukan pengulangan sebanyak sepuluh kali, kemudian diambil nilai rata – ratanya.
5. Setelah mendapatkan pengukuran waktu rata – rata pada aliran jatuhnya bola dari titik (S) ke titik (F) waktu ini kemudian dapat digunakan untuk menghitung viskositas.

Pada alat viskometer yang dibuat terdapat 2 buah sensor masing – masing mempunyai fungsi yang berbeda, sensor proximity pertama berfungsi sebagai pendeteksi objek dimana outputnya dihubungkan dengan arduino, sehingga dapat mencatat timer yang sedang berjalan. Sedangkan pada sensor proximity kedua berfungsi sebagai pendeteksi objek untuk mencatat waktu bola

jatuh berhenti, sehingga dengan tercatatnya waktu, maka dapat digunakan untuk mengukur viskositas suatu fluida dalam hal ini yang diukur adalah crude oil. Fungsi sensor proximity disini adalah sebagai pengganti stop watch.

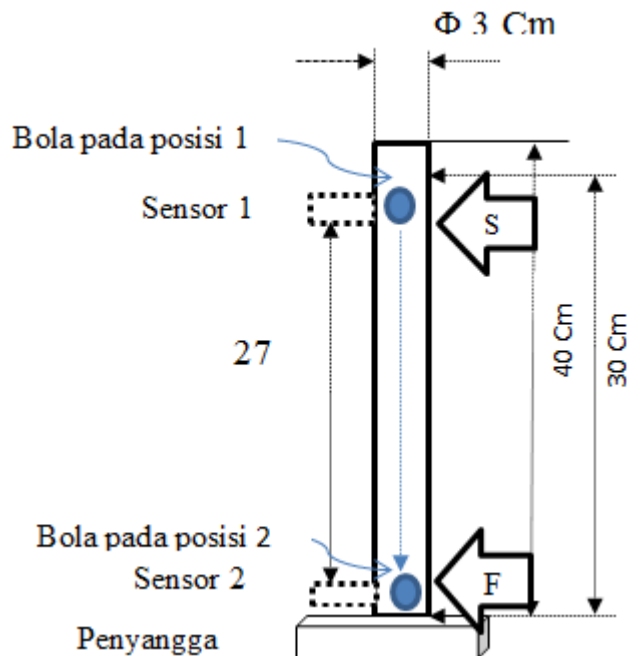
Dengan adanya perangkat sensor proximity dan arduino maka penentuan waktu tempuh bola dalam aliran fluida dapat dicatat dengan akurat. Jadi dapat disimpulkan bahwa waktu tempuh bola dalam aliran fluida dapat digunakan untuk menghitung nilai viskositas dengan formula yang ada.

3.2. Proses kerja viskometer

Viscometer adalah suatu alat yang dapat digunakan untuk mengukur kekentalan atau viskositas dari suatu fluida. Proses kerja viskometer yang penulis buat cukup sederhana, pertama benda kerja berupa bola yang terbuat dari bahan besi dijatuhkan kedalam tabung yang telah diisi fluida, kemudian bola tersebut melewati sensor proximity yang pertama, pada sensor yang pertama, sensor menangkap objek berupa bola besi yang melintasi fluida dari sensor satu ke sensor kedua, dan sensor mengirim sinyal – sinyal ke arduino, menyebabkan timer mulai menghitung waktu sepanjang tinggi dari tabung dimana terdapat sensor proximity. Proses selanjutnya bola akan melanjutkan perjalanannya hingga menyentuh sensor proksimty yang kedua. Pada sensor proksimty yang kedua ini, sensor kembali menangkap objek bola dan dilanjutkan kembali mengirim sinyal, selanjutnya sinyal menuju timer, dan menyebabkan timer memberhentikan proses perhitungan kemudian proses kerja viskometer pun selesai. Dengan kata lain Pada saat bola menghalangi sensor proximity yang pertama sehingga menyebabkan timer pada arduino mulai melakukan proses perhitungan. Pada saat bola besi menyentuh sensor proksimty yang kedua sehingga menyebabkan timer pada arduino menghentikan proses perhitungan.

Dalam melakukan perhitungan tak lagi menggunakan stop wacth, namun pembacaan waktu tempuh dapat dilihat pada tampilan arduino yang dihubungkan dengan perangkat komputer sehingga dapat dilihat dengan jelas waktu tempuh dari bola tersebut telah terlihat dan dicatat, dimana bola dijatuhkan dari titik

paling atas pada pipa acrilik ke arah bawah dimana terdapat sensor proximity. Berikut ditunjukkan gambar hasil prtotype alat yang dibuat pada gambar 3.1.



Keterangan.

- Jarak antara sensor 1 dan 2 adalah 27 Cm
- Tinggi tabung 40 Cm
- Tinggi Fluida 30 Cm
- Diameter Tabung luar 3 Cm
- Diameter dalam 2,7 Cm
- S adalah jarak antara puncak pipa sampai bola mencapai kecepatan terminal pada titik F

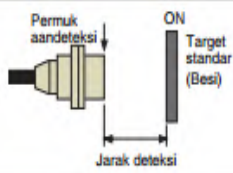
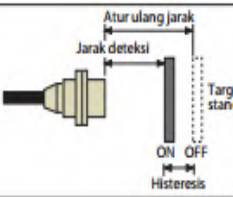
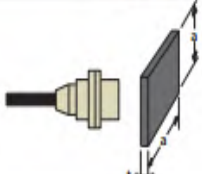
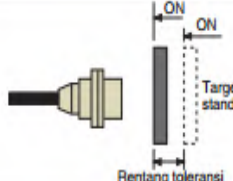
Gambar. 3.1. prototipe alat viskositas dengan posisi bola jatuh

3.3. Metode kalibrasi

Menurut ISO/IEC Guide 17025:2005 dan Vocabulary of International Meteorology (VIM) adalah serangkaian kegiatan yang membentuk hubungan antara nilai yang ditunjukkan oleh instrumen ukur atau sistem pengukuran, atau nilai yang diwakili oleh bahan ukur, dengan nilai - nilai yang sudah diketahui yang berkaitan dari besaran yang diukur dalam kondisi tertentu. Dengan kata lain,

kalibrasi adalah kegiatan untuk menentukan kebenaran konvensional nilai penunjukkan alat ukur dan bahan ukur dengan cara membandingkan terhadap standar ukur yang mampu telusur (traceable) ke standar nasional maupun internasional untuk satuan ukuran dan/atau internasional dan bahan-bahan acuan tersertifikasi. (Sumber: <http://id.wikipedia>).

Sensor proximity yang digunakan dalam penelitian ini adalah **E2B-M30LN20WP-B1**, dan jarak deteksi sesuai dengan spesifikasi pada data sheet adalah antara 0 – 30 mm. Untuk menentukan jarak deteksi yang tepat maka penempatan jarak harus dilakukan secara berulang untuk mendapatkan hasil yang pasti. Berikut ini ditunjukkan cara menempatkan posisi jarak sensor secara berulang agar mendapatkan hasil yang tepat. Dengan kata lain kalibrasi harus dilakukan secara periodik.

Jarak deteksi		Jarak dari permukaan pendeteksi dari kepala sensor ke titik di mana target standar yang mendekati kepala sensor pertama kali dideteksi. Jarak operasi maksimum (Seri ES): Jarak operasi maksimum yang dapat diperoleh, tanpa tergantung akurasi.
Histeresis		Perbedaan antara jarak reset dan jarak deteksi yang menggunakan target standar. Jarak reset adalah jarak dari permukaan pendeteksi (output ON) dari kepala sensor ke titik di mana sensor direset (output OFF).
Target standar		Bentuk, ukuran, dan bahan target tertentu yang digunakan untuk memperoleh spesifikasi sensor.
Keterulangan		Rentang toleransi jarak deteksi jika target standar dideteksi berulang dalam kondisi yang ditetapkan.

Gambar 3.2 Pengaturan jarak deteksi sensor secara berulang untuk mendapatkan hasil deteksi yang tepat

3.4. Prosedure kalibrasi

Pada viskometer hoppler parameter yang diukur adalah waktu yang dibutuhkan oleh sebuah bola untuk melewati cairan pada jarak atau tinggi tertentu. Prinsip kerjanya adalah menjatuhkan bola besi ke dalam pipa akrilik yang terisi fluida. Gaya gravitasi benda yang jatuh melalui medium yang kental didalam fluida dapat memperlambat aliran benda tersebut walaupun dengan kecepatan yang besar namun bendapun dapat perlahan mencapai pada kecepatan yang konstan. Waktu jatuhnya bola dalam fluida merupakan fungsi dari harga respons dari sampel. Berikut langkah – langkah untuk melakukan kalibrasi pada alat yang dibuat.

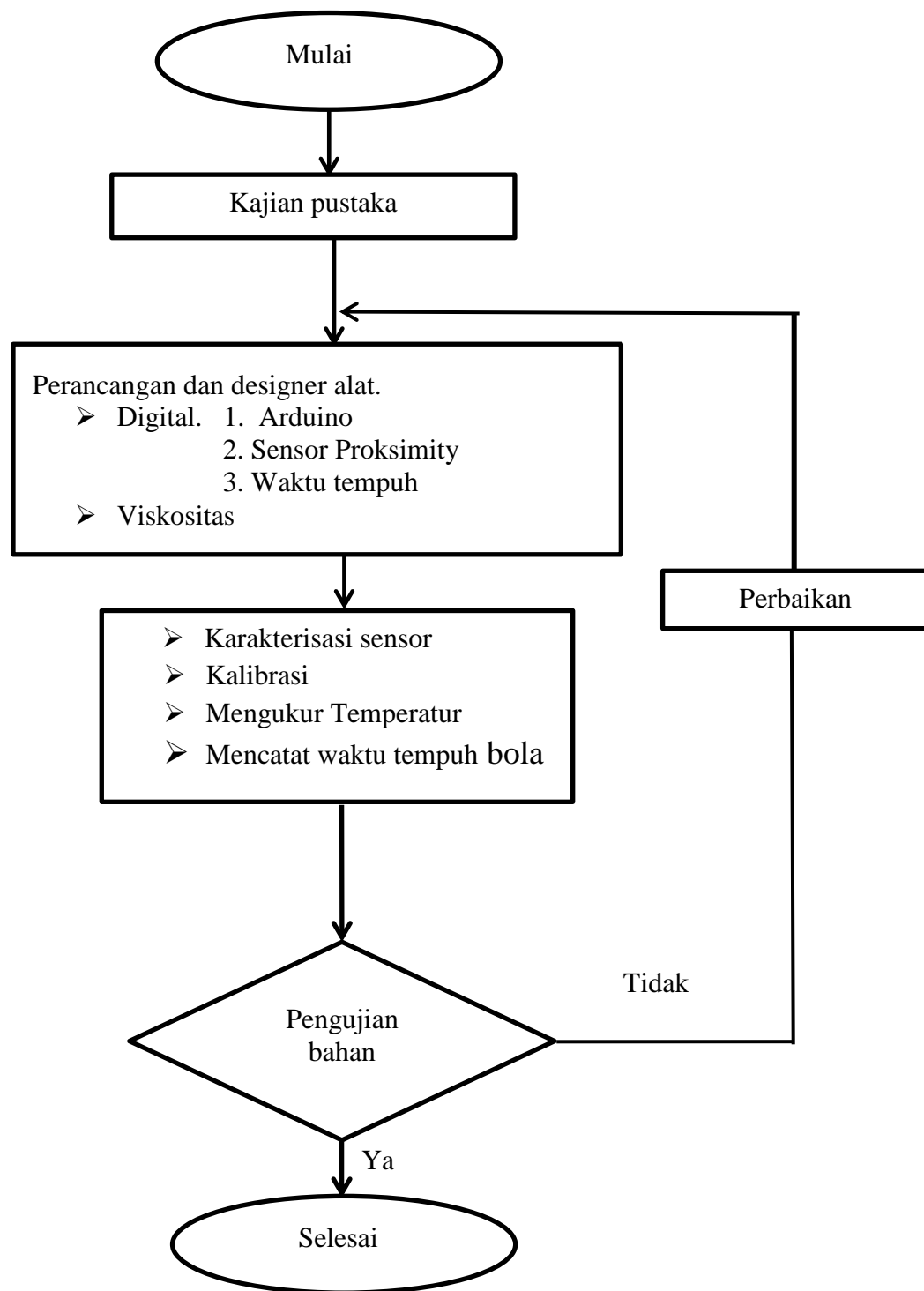
1. Atur jarak antara sensor pertama dengan sensor ke – 2 sedemikian hingga memperoleh jarak yang cocok, sensor diatur dengan jarak 27 cm dari antar sensor pertama ke sensor ke dua
2. Pilih viscosity fluida standard yang akan memberikan nilai pembacaan antara 10% hingga 100% . Sebaiknya pilih viskositas standard dengan nilai mendekati 100%
3. Masukkan sample ke dalam tabung silinder dan biarkan selama 15 menit untuk mencapai temperatur seting. Temperatur yang digunakan rata – rata adalah pada temperatur ruang adalah 30°C.
4. Pengukuran dilakukan dengan beberap sample oli pertamina, yang mana pengukuranya dilakukan berulang – ulang untuk memperoleh nilai rata – rata dan sekaligus menghindari deviasi yang besar, dan waktu jatuhnya bola besi dicatat oleh sensor proximity dalam bentuk keluaran tegangan yang kemudian diteruskan pada arduino untuk dikoversi dalam bentuk angka dan kemudian ditampilkan pada layar monitor. Waktu tercatat inilah yang digunakan untuk melakukan penghitungan nilai viskositas yang sesuai dengan hasil kalibratornya. Kalibrator yang digunakan pada penelitian ini adalah oli pertamina yang terdiri dari beberapa sampel diantaranya adalah, federal oil matic ultratec SAE 10– 30W, shell helix SAE 15 – 40W, federal oil matic SAE 20W 40, federal oil supreme SAE 20 50W

3.5. Proses Pengambilan Data

Proses pengambilan data yang dipakai pada penelitian ini adalah terdiri dari empat sampel federal oil matic ultratec SAE 10– 30W, shell helix SAE 15 – 40W, federal oil ymatic SAE 20W – 40, federal oil supreme SAE 20 – 50W dan satu jenis cairan crude oil. Setiap sampel oli dan crude oil memiliki viskositas yang berbeda – beda dan inilah yang akan penulis tentukan pada saat pengujian. Dimulai dengan inisialisasi variabel input dan output yang ada pada proses pengukuran. Inisialisasi bertujuan agar sistem dapat terhubung dengan mikrokontroler arduino dan data keluaran dari sensor proximity dapat diakuisisi. Program mencatat waktu tempuh bola besi dalam fluida menggunakan fungsi sensor proximity dan arduino. Saat sensor proximity 1 mendeteksi adanya bola besi, maka digital pin 3 akan ON sehingga arduino akan mulai menghitung waktu berjalannya program hingga sensor 1 mendeteksi bola besi. Waktu ini disimpan dengan nama t_1 pada program. Kemudian ketika sensor magnet 2 mendeteksi bola besi, digital pin 2 akan ON dan arduino akan kembali menghentikan waktu perhitungan hingga sensor 2 mendeteksi bola besi. Waktu yang terhitung disimpan dengan nama t_2 . Selisih antara t_1 dan t_2 dihitung oleh program sehingga didapatkan waktu yang dibutuhkan bola besi dalam fluida untuk menempuh jarak antara sensor 1 dan sensor 2. Data waktu yang didapatkan dalam satuan milisekon.

Data waktu tempuh bola jatuh yang dicatat sensor proximity terukur oleh mikrokontroler arduino digunakan untuk menghitung nilai koefisien viskositas fluida. Data waktu tempuh yang diterima dari arduino masih dalam satuan milli sekon. Perhitungan nilai koefisien viskositas fluida dalam arduino menggunakan sistem SI (Satuan Internasional) sehingga data waktu perlu dikonversi dalam satuan sekon. Konversi dari milisekon menjadi sekon bertujuan mengurangi kemungkinan terjadi gangguan dalam proses komunikasi serial antara arduino dan sensor proximity. Agar dapat menampilkan nilai koefisien viskositas fluida diperlukan masukan nilai massa jenis fluida dimana nilai massa jenis fluida diperoleh massa fluida dibagi volumenya. Setelah dilakukan perhitungan sesuai dengan persamaan (2.17).

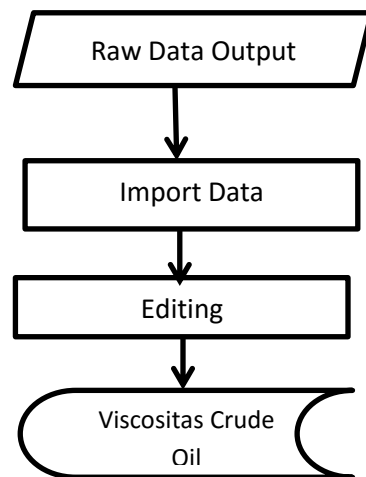
Berikut ditunjukkan diagram alir proses pengujian alat viskositas yang dibuat.



Gambar. 3.3. Flow chart proses karakterisasi dan pengujian viscositas crude oil

3.6. Pengolahan dan intepretasi data

Hasil pengukuran output sensor proximity kemudian diolah menggunakan perangkat arduino yang merupakan catatan waktu tempuh bola besi, sehingga waktu inilah yang digunakan untuk menghitung viscositas crude oil yang diuji. Berikut ini diperlihatkan alur pengolahan data.



Gambar.3.4. Diagram alir kerja pengolahan data

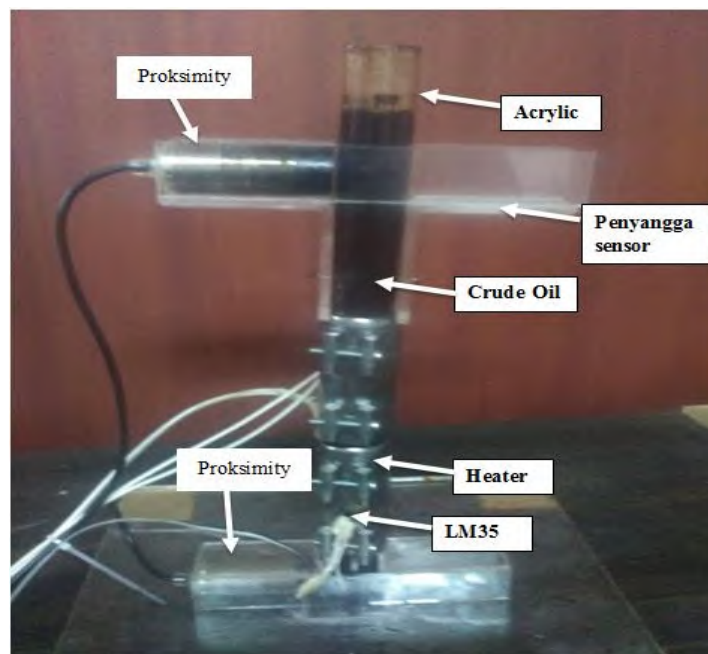
Lokasi pengambilan sampel crude oil dilakukan pada daerah Jawa barat, yaitu pada daerah balongan Indramayu, dan Proses pengambilan data dilakukan pada laboratorium Instrumentasi jurusan fisika ITS. Hasil pengukuran dalam bentuk data perhitungan kemudian diolah dengan menggunakan perangkat lunak Excerl, shingga dapat menghasilkan data yang akurat dan mendapatkan grafik bentuk karakteristik viskositas yang diuji

Dalam pembahasan interpretasi data ini, tentunya selain data yang diperoleh dari akuisisi data lapangan, juga terdapat data pembanding yaitu yang berupa data viskositas dari sampel oli dari beberpa jenis SAE yang telah tersedia yang berfungsi sebagai pembanding.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Prototipe viskometer bola jatuh yang dibuat terdiri dari sensor temperatur, bola besi, sensor proximity digital, dan mikrokontroler arduino UNO, serta batang silinder acrylick dengan dimensi yang telah ditentukan. Salah satu tujuan dari pembuatan alat ini adalah untuk menentukan koefisien viskositas crude oil (minyak mentah). Berikut ini adalah hasil design dari viskometer dengan menggunakan metode bola jatuh.



Gambar 4.1 Hasil rancang bangun prototipe viscositas crude oil.

Dalam sistem pembuatan alat viskosimeter ini parameter yang dipakai untuk menentukan nilai viskositas adalah waktu tempuh bola jatuh yang melewati dua sensor. Gambar 4.1 adalah hasil pembuatan prototipe prinsip bola jatuh, yaitu cairan yang akan diukur nilai koefisien viskositasnya ditampung dalam sebuah silinder acrillick, seperti terlihat pada gambar 4.1 di atas. Pada badan silinder acrillick dipasang dua buah circuit sensor proximity. Kedua sensor tersebut diletakkan dengan jarak 27 cm secara terpisah dari titik referensi daerah deteksi masing-masing sensor. Sensor akan mendeteksi adanya medan magnet dari bola

besi yang melaju didalam cairan. Bola besi berada pada ujung batang silinder dari bahan acrilick. Untuk menjatuhkan bola besi ke dalam silinder acrilick, diawali dari permukaan fluida tanpa kecepatan awal sampai bola besi melewati kedua - dua sensor.

4.1. Spesifikasi, data teknis dan fitur prototipe.

Dalam pembuatan prototipe ini tak terlepas dari perangkat – perangkat pendukung yang akan dirangkai menjadi satua kesatuan sehingga menjadi satu unit prototipe pengukuran viskositas crude oil. Berikut ini adalah spesifikasi dan data teknis dari perangkat pendukung kelengkapan prototipe.

Data Fitur prototipe

a. Dimensi Prototipe	: $400 \times 30 \times 300$ mm
b. Berat Prototipe	: 700 gr
c. Tegangan Main Board Arduino	: 5,03 VDC
d. Type Sensor Proximity	: Type E2B M30LN30-B1
e. Tegangan Suplay proximity	: 10 - 30 VDC
f. Tegangan Suplay Utama	: 12 VDC
g. Arus main Board Arduino	: 510 mA
h. Tgangan Heater	: 220 VAC
i. Daya Heater	: 300 Watt
j. Diameter bola besi	: 8mm
k. Jejari bola pejal	: 4mm
l. Massa Jenis bola pejal	: $7,49 \text{ gr/Cm}^3$
m. Volume bola pejal	: $0,26 \text{ Cm}^3$
n. Massa bola besi	: 2 gr
o. Jarak tempuh bola besi	: 27 Cm
p. Jenis sensor suhu	: LM35
q. Pemanas (heater)	: 220VAC/300Watt

4.2. Data sensor.

4.2a. Sensor proximity.

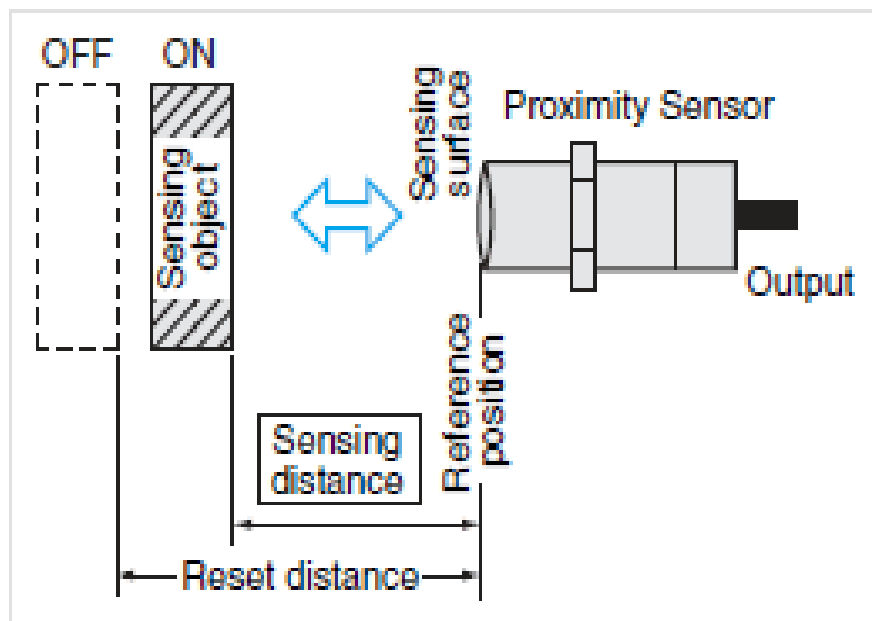
Proximity switch atau sensor proximity adalah alat pendeteksi yang bekerja berdasarkan jarak objek tertentu terhadap sensor. Karakteristik dari sensor ini adalah mendeteksi objek benda dengan jarak yang cukup dekat, berkisar antara 0 sampai 30 mili meter saja sesuai type sensor yang digunakan. Proximity switch ini mempunyai tegangan kerja antara 10 - 30 VDC dan ada juga yang menggunakan tegangan 100 - 200VAC. Namun dalam pembuatan untuk penelitian ini tegangan kerja yang digunakan adalah 10 – 30 VDC.

Sensor proximity induktive berfungsi untuk mendeteksi objek besi / metal. Meskipun terhalang oleh benda – benda non metal, sensor akan tetap mendeteksi adanya besi di area sensingnya, maka kondisis output sensor akan berubah nilainya. Jarak deteksi adalah jarak dari posisi yang terbaca dan terindera sensor untuk operasi kerjanya, ketika objek benda digerakan oleh model tertentu.

Data sensor proximity yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut;

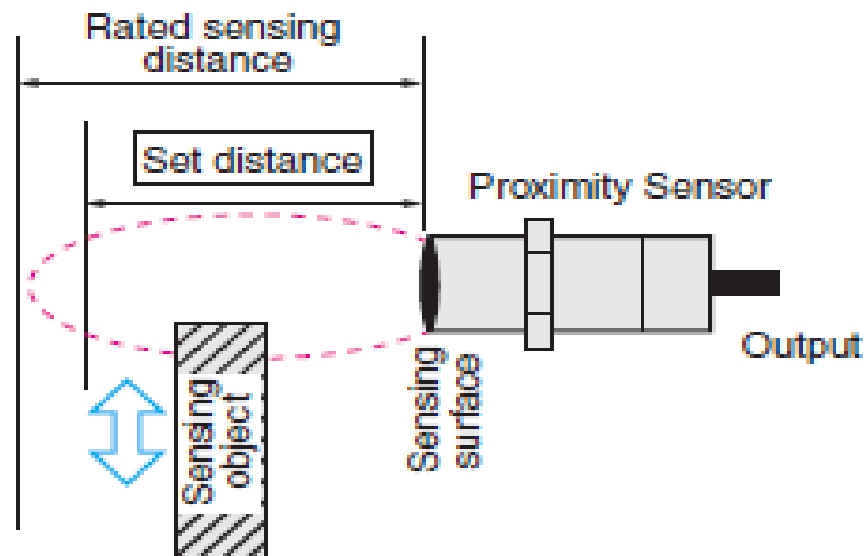
Type Sensor	: proximity Type E2B-M30LN30-B1
Jarak Sensing Objek	: 30 mm
Tegangan Suplay	: 10 – 30 VDC
Tegangan Output	: 11 VDC
Arus Konsumsi	: 10 mA
Frekuensi Respons	: 100 Hz
Dimensi	: 90 x 90 x 1 mm

Untuk mendapatkan hasil yang maksimal dari sensor proximity, maka hal yang harus diperhatikan adalah mengatur jarak deteksi. Jarak yang diteksi adalah jarak dari posisi yang terbaca dan tidak terbaca oleh sensor dalam operasi kerjanya, ketika objek benda digerakkan oleh metode tertentu. Berikut ini ditunjukkan jarak deteksi dari sensor proximity.



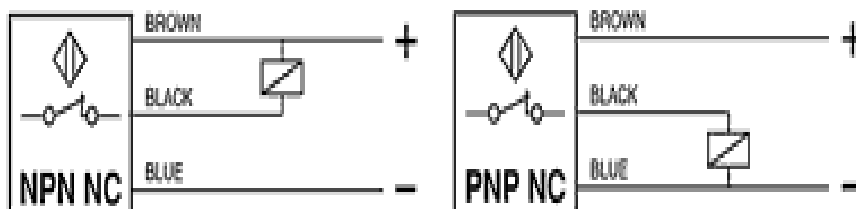
Gambar. 4.2. Sistem jarak deteksi sensor proximity.

^ Mengatur jarak dari permukaan sensor memungkinkan penggunaan sensor lebih stabil dalam operasi kerjanya, termasuk pengaruh temperatur dan tegangan. Posisi objek (standar) sensing transit ini adalah sekitar 70% sampai 80% dari jarak (nilai) normal sensing. Berikut ini ditunjukkan pengaturan jarak deteksi sensor. Jarak diteksi adalah jarak dari posisi yang terbaca dan tidak terbaca sensor untuk operasi kerjanya, ketika obyek benda digerakkan oleh metode tertentu.



Gambar.4.3. Pengaturan jarak deteksi.

Nilai output dari proximity switch ini ada 3 macam, yaitu type PNP, NPN, dan ON OFF (NC dan NO) namun dalam penelitian ini yang akan dibahas adalah satu jenis saja yaitu type output tegangan yang menggunakan 3 kabel, dan bisa diklasifikasikan sebagai NO (Normally Open) dan NC (Normally Close). Sama seperti fungsi pada tombol, atau secara spesifik menyerupai fungsi limit switch dalam suatu sistem kerja rangkaian yang membutuhkan suatu perangkat pembaca dalam sistem kerja kontinue mesin. Ouput proximity switch ini dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar. 4.4. Output tegangan sensor proximity dengan 3 kabel VDC.

Dari gambar diatas kita dapat mengenali type sensor proximity switch, yaitu type NPN dan type PNP, namun yang digunakan dalam penelitian ini adalah type NPN saja. Type inilah yang digunakan untuk dikoneksikan dengan berbagai macam peralatan kontrol semi digital yang membutuhkan nilai nilai logika sebagai input untuk proses kerjanya.

Beberapa jenis proximity switch ini hanya bisa dikoneksikan dengan perangkat PLC, Arduino tergantung type dan jenisnya. Sensor ini juga bisa dikoneksikan langsung dengan berbagai macam peralatan kontrol semi digital seperti sensor controller dan counter relay digital. Pada prinsipnya fungsi Proximity switch ini dalam suatu rangkaian pengendali adalah sebagai kontrol untuk memati hidupkan suatu sistem interlock dengan bantuan peralatan semi digital untuk sistem kerja berurutan dalam rangkaian kontrol. Dalam pembuatan prototipe ini penulis menggunakan arduino sebagai perangkat pendukungnya.

4.2b. Pengujian sensor proximity dan karakterisasi.

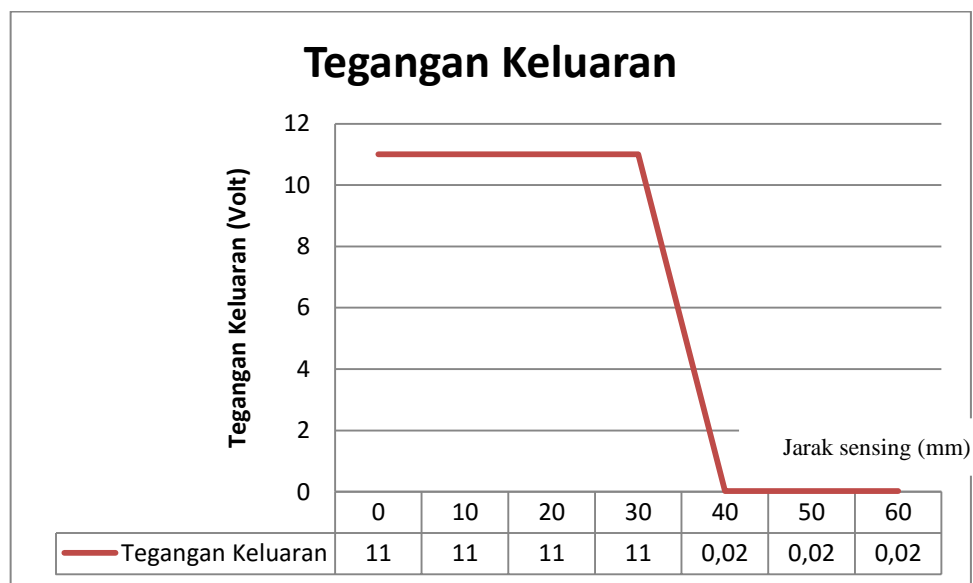
Hasil pengujian dari sensor proximity menunjukan bahwa jarak yang dapat dideteksi untuk bola besi adalah 0 – 30 mm, seperti yang ditunjukan pada gambar 4.5 berikut ini. Dimana sensor diuji pada posisis 2 arah yaitu arah vertikal dan arah horisontal, hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan kepekaan dan karakteristik dari sensor proximity

Tabel 4.1. pengujian sensor pada arah horisontal

Jarak Objek (mm)	Tegangan Output (Volt)
60	0.02
50	0.02
40	0.02
30	11
20	11
10	11
0	11

Dari tabel diatas menunjukan pada arah horisontal bahwa pada jarak 60 mm sampai dengan 40 mm dalam keadaan aktif, sensor didekati oleh objek objek sensing tegangan output sensor adalah sebesar 0,02mV, dan pada jarak 0 mm sampai dengan 30 mm sensor akan mendeteksi objek sensing, sehingga tegangan outputnya adalah 11 VDC.

Berikut adalah grafik hubungan antara tegangan output terhadap jarak sensing.



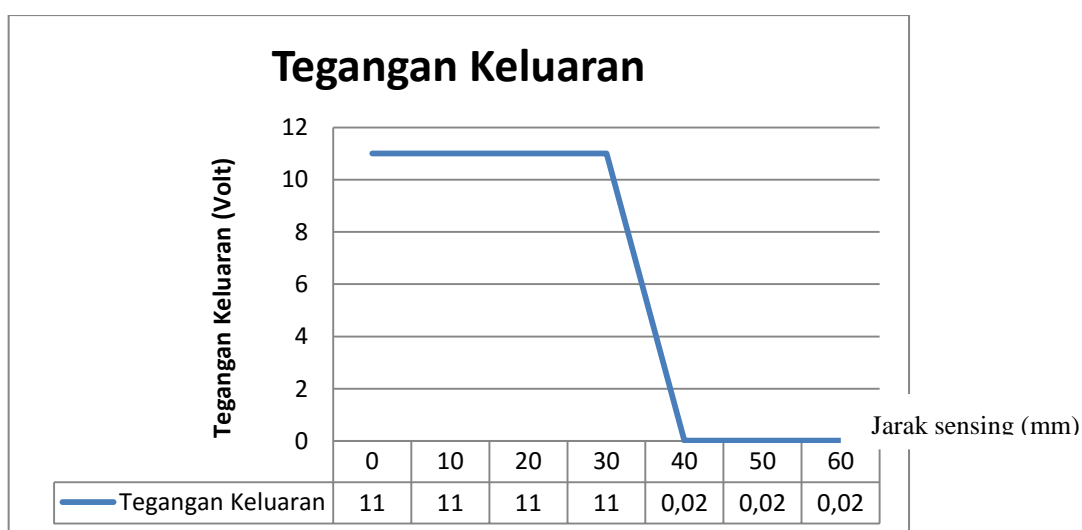
Gambar. 4.5. Grafik Pengujian sensor Pada arah horisontal

Dari dan grafik diatas dapat terlihat jelas bahwa, sensor proximity dapat mendeteksi benda dengan jarak antara 0 – 30 mm, dengan tegangan output konstan 11 Volt. Pada jarak di atas 60 mm sensor proximity tidak dapat mendeteksi benda logam, sehingga tegangan output yang terlihat pada pengukuran adalah 0.02 Volt dan nilai pengukuran ini merupakan tegangan konstan sensor dalam keadaan normal (stand by).

Tabel 4.2. Data pengujian sensor pada arah vertikal

Jarak Objek (mm)	Tegangan Output (Volt)
60	0.02
50	0.02
40	0.02
30	11
20	11
10	11
0	11

Dari tabel diatas dapat terlihat jelas bahwa, sensor proximity dapat mendeteksi benda dengan jarak antara 0 – 30 mm, dengan tegangan output konstan yaitu 11 Volt. Pada jarak di atas 30 mm sensor proximity tidak dapat mendeteksi benda logam, sehingga tegangan output yang terlihat pada pengukuran yaitu 0.02 Volt dan nilai pengukuran ini merupakan tegangan konstan sensor pada keadaan normal (stand by). Dengan demikian maka karakter sensor yang diuji pada arah yang berbeda adalah pada arah vertikal dan horisontal memiliki karakter yang sama yaitu dapat mendeteksi objek sensing dengan tegangan output sebesar 11 VDC. Berikut ini ditunjukkan grafik output tegangan versus jarak pada arah vertikal.



Gambar.4.6. Grafik Pengujian sensor pada arah vertikal

Dari dan grafik diatas dapat terlihat jelas bahwa, sensor proximity dapat mendeteksi benda dengan jarak antara 0 – 30 mm, dengan tegangan output konstan yaitu 11 Volt. Pada jarak di atas 60 mm sensor proximity tidak dapat mendeteksi benda logam, sehingga tegangan output yang terlihat pada pengukuran yaitu 0.02 Volt dan nilai pengukuran ini merupakan tegangan konstan sensor dalam keadaan normal (stand by). Mengingat arduino hanya dapat menerima tegangan sebesar 5 VDC, maka sebelum tegangan ini dimasukkan ke arduino, maka tegangan ini diturunkan terlebih dulu melalui IC regulator LM 7805 (pengatur tegangan) dari 11 VDC menjadi 5 VDC. Dan kemudian tegangan ini diteruskan ke arduino, dan oleh arduino dapat mengkonversinya dalam bentuk hitungan waktu tercatat.

4.3. Data beberapa Oli referensi sebagai kalibrator

Dalam melakukan pengujian pengukuran ini penulis mengambil beberapa jenis oli referensi yang akan dijadikan sebagai pembanding antara hasil pengujian dengan nilai pengukuran. Data pembanding ini di ambil dari sumber data <http://federaloil.co.id/>. Dari tabel 4.3, data terlihat bahwa setiap jenis oli memiliki nilai viskositas yang berbeda, dan data yang ditampilkan ini hanya memiliki suhu 40 °C.

Tabel. 4.3. Data referensi nilai viskositas pada masing – masing sampel oli pada suhu 40 °C

Suhu	Viskositas SAE 10W30 (cP)	Viskositas SAE15W40 (cP)	Viskositas SAE20W40 (cP)	Viskositas SAE20W50 (cP)
40°C	124,4375	194,4649	152,4218	195,0756

Dari tabel diatas menunjukan bahwa pada setiap oli SAE memiliki nilai viskositas yang berbeda – beda, hal ini ini berarti bahwa setiap oli memiliki tingkat kekentalan yang berbeda.

4.4 .Pengujian waktu tempuh bola untuk berbagai jenis sampel oli dengan variasi temperatur menggunakan alat viskometer

Dalam melakukan penelitian ini penulis mengambil beberapa sampel oli SAE diantaranya adalah, SAE 10W30, SAE 15W 40, SAE 20W 40, dan SAE 20W50 untuk dijadikan sebagai bahan uji, hal ini dilakukan untuk mengetahui seberapa jauh alat yang dibuat ini berfungsi dengan baik. Berikut ditunjukkan data hasil pengukuran waktu tempuh bola jatuh pada masing – masing sampel oli SAE. Tabel 4.4. Data hasil pengukuran waktu tempuh masing – masing oli SAE dengan variasi suhu.

Suhu(°C)	Waktu tempuh bola			
	SAE10W30	SAE 15W40	SAE 20W40	SAE 20W50
30	0,336	0,381	0,3283	0,462
35	0,2317	0,3217	0,2899	0,3437
40	0,222	0,2941	0,2623	0,2623
45	0,2119	0,2801	0,235	0,2759
50	0,2112	0,2481	0,2309	0,2552
55	0,2095	0,2307	0,2231	0,2394
60	0,204	0,214	0,2239	0,2239

Pada tabel diatas menunjukkan pengukuran waktu tempuh bola besi pada masing – masing sampel oli. Waktu tempuhnya diambil dari waktu rata – rata pengukuran. Pengukuran waktu tempuh dilakukan sebanyak 10 kali pengulangan. Dari tabel diatas dapat dijelaskan bahwa masing – masing oli memiliki waktu tempuh bola jatuh berbeda – beda hal ini menunjukkan setiap oli memiliki tingkat viskositas yang berbeda – beda.

Sebagai catatan, bahwa waktu tempuh bola didalam fluida seperti terdapat pada tabel 4.4 dapat dibuktikan dengan membandingkan contoh dibawah ini. Sebagai contoh bila suatu bola besi dengan massa 2 gram dijatuhkan dari udara tanpa kecepatan awal dalam hal ini benda jatuh bebas dengan waktu tempuh bola besi 1 sekon, jika besarnya percepatan gravitasi bumi untuk daerah surabaya sesuai dengan hasil percobaan yang dilakukan dengan metode bandul matematis dan fisis adalah $9,54 \text{ m/s}^2$ maka jarak tempuh dari bola tersebut dapat dihitung dengan perhitungan berikut.

$$V_o = 0, \quad t = 1 \text{ sekon.}$$

$$L = V_0 + \frac{1}{2} \times g \times t^2 \text{ m/s}^2$$

$$L = 0 + \frac{1}{2} \times 9,54 \times 1^2 \text{ m/s}^2$$

$$L = 4,77 \text{ m.}$$

Sehingga jarak yang dibutuhkan bola dengan waktu tempuh 1 sekon adalah 4,77 meter. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa pada jarak 4,77 m dengan waktu tempuh bola adalah 1 sekon. Bila dibandingkan dengan jarak 27 cm maka waktu tempuh bola pada jarak tersebut adalah.

$$L_1 = 4,77 \text{ meter}$$

$$t_1 = 1 \text{ sekon, maka } t_2$$

$$t_2 = \frac{t_1 \cdot S_2}{S_1}$$

$$t_2 = \frac{1 \times 0,27}{4,77}$$

$$t_2 = 0,0566 \text{ sekon.}$$

Maka waktu tempuh bola pada udara bebas dengan jarak 27 cm adalah sebesar 0,0566 sekon. Sehingga dapat disimpulkan bahwa jarak 4,77 meter waktu tempuh bola adalah 1 sekon. Keadaan ini berlaku untuk bola jatuh dalam udara bebas tanpa kecepatan awal.

Untuk bola yang dijatuhkan didalam tabung yang berisi fluida pada jarak 27 cm tanpa kecepatan awal maka besarnya waktu tempuh bola dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (2.18) :

$$\eta = \left\{ \frac{2r^2 g (\rho_{bola} - \rho_{fluida}) W}{9 \times \pi \times E} \right\} t,$$

$$t = \frac{9 \times \eta \times E}{2r^2 g (\rho_{bola} - \rho_{fluida}) W}$$

$$t = \frac{9 \times 0,8662 \times 0,27 \times 1,048888}{2(0,4)^2 \times 1000(745 - 0,542)0,428789}$$

$$t = \frac{219,7616}{94,89615}$$

$$t = 0,23 \text{ detik,}$$

Sehingga dari pembuktian ini maka penelitian yang penulis lakukan dengan waktu tempuh yang terdapat pada tabel 4.4 diatas hasilnya mendekati dengan hasil perhitungan.

Hal ini terjadi disebabkan karena adanya pengaruh gaya gesek dan gaya apung pada viskositas didalam fluida, sehingga nilai waktu tempuh bola semakin diperlambat oleh adanya pengaruh gaya gesek dan gaya apung dari viskositas. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa waktu tempuh bola jatuh dalam udara pada jarak 27 centi meter adalah 0,0566 sekon, sedangkan waktu tempuh bola dalam fluida adalah 0,23 sekon.

Dari tabel data 4.4 diatas menunjukan waktu tempuh bola jatuh dengan variasi temperatur, dengan uraian sebagai berikut. Waktu tempuh bola pada suhu 30⁰C adalah 0,1907 sekon. Pada suhu 35⁰C waktu tempuh bola menjadi 0,1814 sekon, pada suhu 40⁰C waktu tempuh bola menjadi 0,1735 sekon, pada suhu 45⁰C waktu tempuh bola jatuh mencapai 0,1664 sekon, pada suhu 50⁰C waktu tempuh bola menjadi 0,1604 sekon, pada suhu 55⁰C waktu tempuh bola menjadi 0,1548 sekon, pada suhu 60⁰C waktu tempuh bola menjadi 0,1482 sekon. Hal ini menggambarkan semakin tinggi suhu didalam fluida maka semakin cepat aliran bola didalam fluida.

4.5. Pengukuran nilai viskositan dengan variasi suhu .

Dalam melakukan penghitungan viskositas tak terlepas dari penggunaan persamaan yang telah baku. Berikut contoh perhitungan nilai viskositas pada oli SAE kalibrator.

- Contoh perhitungan viskositas untuk oli SAE 15W40 pada suhu 30⁰C mengacu pada persamaan (2.18) Sebelum menggunakan persamaan (2.18) terlebih dahulu mencari nilai W dan E yaitu faktor koreksi, berikut cara mencari nilai – nilai faktor koreksi tersebut.
- $W = 1 - 2,104\left(\frac{rs}{r}\right) + 2,09\left(\frac{rs}{r}\right)^3 - 0,95\left(\frac{rs}{r}\right)^5,$

$$W = 1 - 2,104\left(\frac{0,4}{1,35}\right) + 2,09\left(\frac{0,4}{1,35}\right)^3 - 0,95\left(\frac{0,4}{1,35}\right)^5,$$

$$W = 1 - 2,104(0,296) + 2,09(0,296)^3 - 0,95(0,296)^5,$$

$$W = 1 - 2,104(0,296) + 2,09(0,0259) - 0,95(0,002283658)$$

$$W = 1 - 0,622784 + 0,054131 - 0,002169475$$

$$W = 1 - 0,622784 + 0,054131 - 0,002169475$$

$$W = 1 - 0,571211$$

$$W = 0,428789$$

$$\triangleright E = 1 + 3,3 \left(\frac{rs}{H} \right)$$

$$E = 1 + 3,3 \left(\frac{0,4}{27} \right)$$

$$E = 1 + 3,3 (0,01481481)$$

$$E = 1 + 0,04888$$

$$E = 1,048888$$

$$\triangleright \eta = \left\{ \frac{2r^2 g(\rho_{bola} - \rho_{fluida})W}{9 \times x \times E} \right\} t$$

$$\eta = \left\{ \frac{2(0,4)^2 1000(7,458 - 0,542)0,430}{254,858} \right\} 0,381$$

$$\eta = \left\{ \frac{2(0,4)^2 1000(7,458 - 0,542)0,430}{9 \times 27 \times 1,048888} \right\} 0,381$$

$$\eta = \left\{ \frac{0,32 \times 1000(7,006)0,430}{254,858} \right\} 0,381$$

$$\eta = \left\{ \frac{267,293}{254,858} \right\}$$

$$\eta = \{ 1,422 \text{ Pois} \}$$

$$\eta = \{ 142,2 \text{ cP} \}$$

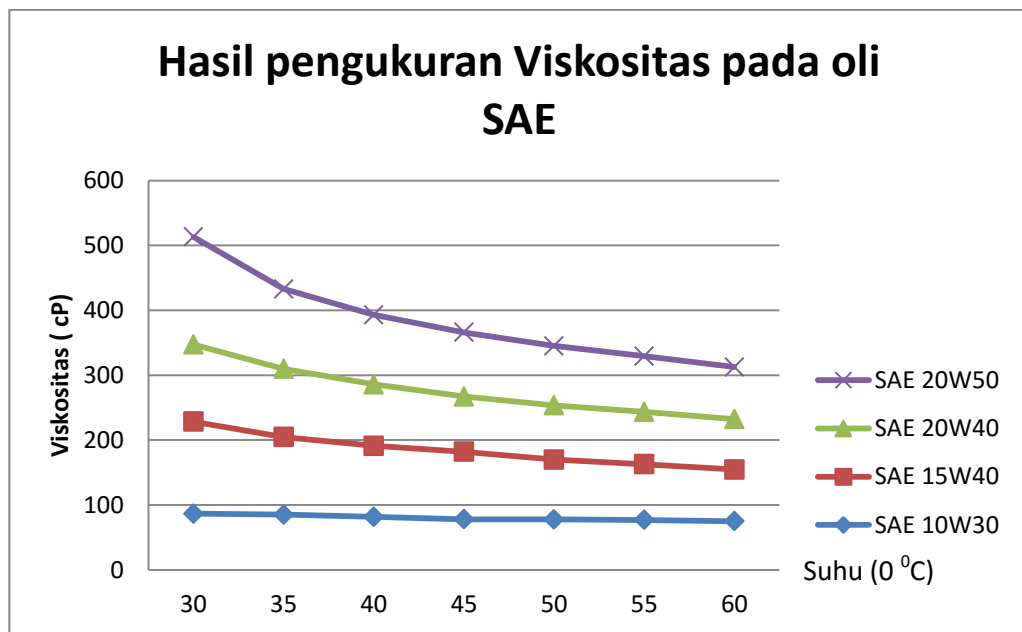
Berikut ditunjukkan hasil penghitungan nilai viskositas dari hasil pengujian yang telah dilakukan

Tabel 4.5. Data hasil pengukuran viskositas masing – masing oli SAE dengan variasi suhu.

Suhu(°C)	Viskositas (cP)			
	SAE10W30	SAE 15W40	SAE 20W40	SAE 20W50
30	86,62	141,85	118,82	165,74
35	85,04	119,77	104,92	123,30
40	81,55	109,49	94,93	107,08
45	77,80	104,28	85,05	98,97
50	77,53	92,37	83,56	91,55
55	76,85	85,89	80,74	85,88
60	74,87	79,67	80,32	80,32

Dari tabel dapat dijelaskan bahwa, oli SAE 10W30 hasil pengukuran pada suhu 30⁰C memiliki nilai viskositas sebesar 86, 64 cP dan pada suhu 40⁰C nilai viskositas sebesar 81, 55 centi Poise dan pada oli referensi sseperti terdapat pada tabel 4.3 diatas dengan suhu yang sama memiliki nilai viskositas sebesar 124,347 cP. Untuk oli SAE 15W40 referensi pada temperatur 40 ⁰C nilai viskositas adalah 194,4649 centi Poise, dan pada data pengukuran besarnya nilai viscositas adalah 109,983 centi Poise, dan untuk oli SAE 20W40 pada hasil pengukuran mempunyai nilai viskositas sebesar 94,933, sedangkan pada oli referensi SAE 20W40 memiliki nilai viskositas 152,4218 centi Poise. Sehingga dari data pengujian yang dilakukan ini membuktikan bahwa alat yang didesain ini berfungsi dengan cukup baik.

Berikut ditampilkan gambar grafik hasil perhitungan dari pengukuran waktu tempuh bola besi dengan variasi suhu dan waktu tempuh bola diambil pada tabel.4.4 .



Gambar 4.7. Grafik hasil pengukuran viskositas oli SAE pada masing – masing sampel dan dengan variasi temperatur

Dari grafik diatas menunjukkan viskositas oli hasil pengukuran dan referensi cenderung menurun terhadap perubahan suhu, dimana masing – masing oli SAE memiliki viskositas yang berbeda sehingga sangat jelas terlihat pada grafik oli SAE 20W50 memiliki viskositas yang tinggi kemudian berikutnya yang kedua adalah oli SAE 15 W40, yang ketiga adalah oli SAE 20W40, kemudian oli SAE 10W30. Dengan demikian dari grafik diatas menunjukkan semakin besar suhu maka nilai viskositas semakin kecil. Maka dari penunjukan gamabar grafik tersebut menandakan bahwa alat yang dibuat ini befungsi dengan baik dan dapat digunakan untuk mengukur viskositas pada crude oil.

Analisis Data

Hasil percobaan dengan menggunakan sampel oli SAE10W30, SAE 15W20, SAE 20W40, dan SAE 20W50 dengan variasi suhu dapat dijelaskan sebagai berikut. Untuk oli SAE 10W30 pada suhu 30⁰C nilai viskositas η = 86,62 centi Poise, dan pada temperatur 35⁰C nilai viscositasnya η = 85,04 cP. Untuk SAE yang sama pada suhu 40⁰C nilai viscositas adalah η = 81,55 cP, dan pada suhu 45⁰C nilai viskosita η = 77,80 cP. Pada suhu 50⁰C Pada nilai viskositasnya

adalah $\eta = 77,53$ cP. Pada suhu 55°C nilai viskositasnya adalah $\eta = 76,85$ cP. Pada suhu 60 viskositasnya adalah $\eta = 74,87$ cP. Demikian juga berlaku sama pada jenis – jenis oli SAE 15 W40, SAE 20W40 dan SAE 20W50 yang diawali dari suhu yang rendah samapi pada suhu tinggi. Nilai pada suhu rendah viskositasnya besar dan menurun secara berurutan sesuai dengan bertambahnya suhu. Dan lebih jelasnya penjelasan ini dapat dilihat pada tabel 4.5. diatas, hal ini disebabkan karena semakin tingginya suhu dapat mengakibatkan semakin lemahnya ikatan – ikatan antar molekul pada fluida itu sendiri.

4.6. Pengukuran dan pengujian crude oil

Dalam pengujian ini penulis melakukan pengujian untuk mendapatkan waktu tempuh bola besi dilakukan dengan pengulangan sebanyak 10 kali. Hal ini dilakukan dengan tujuan agar mendapatkan waktu tempuh rata – rata bola besi. Waktu rata – rata inilah yang akan digunakan untuk menentukan nilai viskositas crude oil. Pengujian ini juga dilakukan dengan variasi temperatur yang berbeda – beda. Hal ini dilakukan agar dapat membuktikan hubungan temperatur terhadap viskositas.

Berikut ditunjukkan tabel data pengukuran waktu tempuh bola jatuh dengan variasi suhu pada pengujian crude oil. Data tempuh bola diambil nilai rata – rata dari hasil pengukuran.

Tabel. 4.6. Data pengukuran waktu tempuh bola besi pada crude oil dengan variasi suhu.

Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	30	35	40	45	50	55	60
Waktu (S)	0,1907	0,1814	0,1735	0,1664	0,1604	0,1548	0,1482

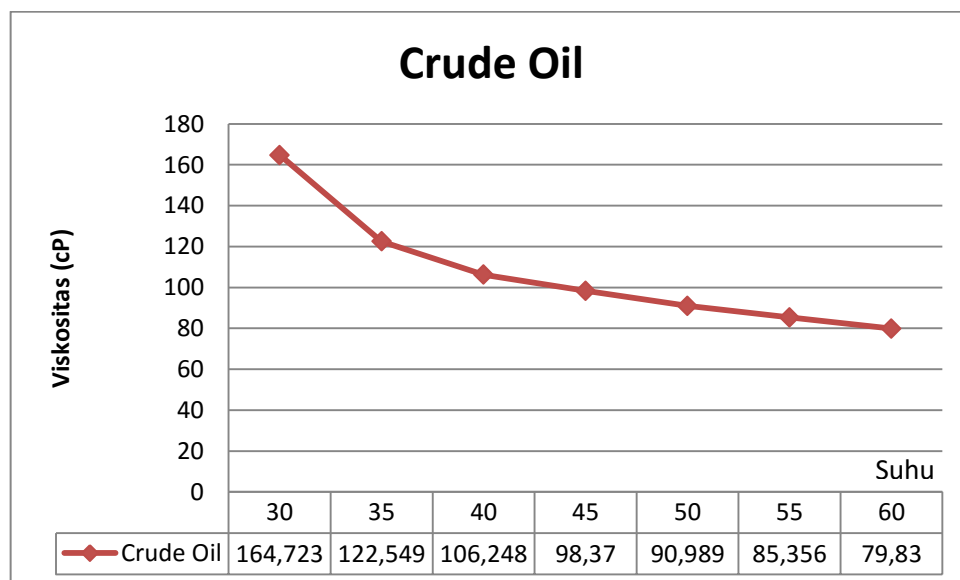
Dari hasil pengujian crude oil maka diperoleh waktu tempuh seperti pada tabel diatas. Setelah dilakukan pengitungan dengan parameter waktu ini maka nilai viskositas crude oil dapat dilihat seperti pada tabel berikut ini.

Berikut ini ditunjukan hasil pengukuran dan perhitungan nilai viskositas crude oil dengan variasi suhu.

Tabel. 4.7. Data hasil perhitungan viskositas crude oil dengan variasi suhu

Suhu (°C)	Viskositas(cP)
30	164,723
35	122,549
40	106,248
45	98,37
50	90,989
55	85,356
60	79,83

Dengan menggunakan parameter yang terdapat pada tabel 4.6 diatas maka dapat dibuat gambar grafik hubungan antara viskositas crude oil terhadap suhu. Berikut ditunjukan gambar grafik hubungan antara viskositas terhadap suhu.



Gambar 4.8. Grafik hasil pengukuran viskositas crude oil dengan variasi suhu

Analisa data.

Hasil pengujian sampel crude oli dengan massa 835 gr, pada Volume 100 ml temperatur awal 30 °C diperoleh nilai viskositas $\eta = 164,723$ centi Poise. Pada setiap kenaikan temperatur secara bertahap pada 35 °C maka hasilnya adalah sebagai berikut. Pada temperatur 35°C nilai viscositas $\eta = 122,549$ cP, pada temperatur 40 °C nilai viskositas adalah $\eta = 106,248$ centi Pois, pada temperatur 45 °C besarnya nilai viscositas adalah $\eta = 98,370$ centi Pois. Pada temperatur 50 °C besarnya nilai viskositas adalah $\eta = 93,70$ centi Pois. Pada temperatur 55 °C nilai viscositas semakin menurun yaitu sebesar $\eta = 90,989$ centi Pois, serta pada temperatur 60 °C nilai viskositas turun lagi menjadi $\eta = 79,830$ centi Poise.

Dari hasil analisa pada tabel 4.6 diatas menunjukkan bahwa semakin besar temperatur maka nilai viskositas semakin menurun. Sehingga dalam pengujian ini membuktikan bahwa nilai suatu viskositas fluida berpengaruh terhadap perubahan Suhu

Lampiran – lampiran.

1. Data waktu tempuh bola jatuh pada Oli SAE - 10W30

No	suhu 30 ⁰ C	suhu 35 ⁰ C	suhu 40 ⁰ C	suhu 45 ⁰ C	suhu 50 ⁰ C	suhu 55 ⁰ C	suhu 60 ⁰ C
1	336	301	262	236	224	214	216
2	330	205	251	222	214	221	201
3	336	275	260	230	210	204	200
4	342	270	253	230	203	207	208
5	334	274	252	229	204	210	187
6	344	283	251	221	222	217	180
7	337	275	246	231	203	211	218
8	340	276	252	233	217	210	217
9	334	281	247	232	212	203	203
10	335	277	248	233	214	198	210
total	3368	2717	2522	2297	2123	2095	2040
Rerata	336,8	271,7	252,2	229,7	212,3	209,5	204

2. Data waktu Tempuh bola jatuh pada Oli SAE 15W40

No	suhu 30 ⁰ C	suhu 35 ⁰ C	suhu 40 ⁰ C	suhu 45 ⁰ C	suhu 50 ⁰ C	suhu 55 ⁰ C	suhu 60 ⁰ C
1	429	335	290	285	185	231	212
2	420	320	301	280	258	230	223
3	411	327	290	287	255	241	221
4	375	322	285	287	257	236	210
5	374	320	291	270	256	232	215
6	337	321	293	287	259	230	207
7	374	318	289	288	257	220	220
8	363	318	291	267	257	233	203
9	368	316	310	270	247	235	218
10	362	320	301	280	250	219	211
Total	3813	3217	2941	2801	2481	2307	2140
Rerata	381,3	321,7	294,1	280,1	248,1	230,7	214

3. Data waktu tempuh bola jatuh pada oli SAE 20W40

No	suhu 30 ⁰ C	suhu 35 ⁰ C	suhu 40 ⁰ C	suhu 45 ⁰ C	suhu 50 ⁰ C	suhu 55 ⁰ C	suhu 60 ⁰ C
1	324	292	266	233	230	230	225
2	353	292	256	243	236	222	206
3	347	280	260	232	229	224	208
4	335	289	256	230	222	229	224
5	327	292	265	236	229	228	224
6	327	302	268	236	234	219	221
7	315	303	266	238	229	217	201
8	319	299	263	235	236	218	201
9	314	249	256	234	236	218	217
10	322	301	267	233	228	226	221
Total	3283	2899	2623	2350	2309	2231	2148
Rerata	328,3	289,9	262,3	235	230,9	223,1	214,8

4. Data waktu tempuh bola jatuh pada oli SAE 20W50

No	suhu 30 ⁰ C	suhu 35 ⁰ C	suhu 40 ⁰ C	suhu 45 ⁰ C	suhu 50 ⁰ C	suhu 55 ⁰ C	suhu 60 ⁰ C
1	506	332	293	271	282	243	237
2	454	369	300	259	254	262	225
3	450	329	297	273	253	244	216
4	460	414	293	273	260	235	217
5	453	326	297	278	249	240	218
6	451	327	302	271	248	239	226
7	455	366	303	280	249	236	218
8	457	324	298	280	252	231	239
9	463	316	301	286	250	233	221
10	471	334	301	288	255	231	222
Total	4620	3437	2985	2759	2552	2394	2239
Rerata	462	343,7	298,5	275,9	255,2	239,4	223,9

5. Data waktu tempuh bola jatuh pada crude oil

No	suhu 30° C	suhu 35° C	suhu 40° C	suhu 45° C	suhu 50° C	suhu 55° C	suhu 60° C
1	191	195	176	168	160	166	113
2	185	179	178	152	161	158	162
3	189	176	170	167	154	163	165
4	198	195	177	171	162	142	142
5	199	170	172	163	166	157	157
6	186	180	172	172	165	116	174
7	186	180	172	170	163	165	143
8	200	180	172	169	161	159	137
9	189	183	176	170	158	156	147
10	184	176	170	162	154	166	142
Total	1907	1814	1735	1664	1604	1548	1482
Rerata	190,7	181,4	173,5	166,4	160,4	154,8	148,2

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Crude oil atau minyak mentah merupakan cairan kental, berwarna coklat gelap, atau kehijauan yang mudah terbakar, berada di lapisan atas dari beberapa area di kerak bumi. Secara umum, komposisi minyak bumi terdiri atas lima unsur kimia yaitu, Carbon 83,0 – 87 %, Hidrogen 10,0 – 14%, Nitrogen 0,1 – 2,0%, Oksigen 0,05 - 1,5% Sulfur 0,05 – 6,0 %, dan < 0,1% unsur – unsur logam dalam bentuk senyawa garam.

Unsur - unsur utama penyusun crude oil adalah komponen hidrokarbon, dimana unsur hidrokarbon merupakan senyawa kimia yang terdiri dari, alkana (C_nH_{2n+2}), sikloalkana ($C_nH_{2(n+1-g)}$), dan hidrokarbon aromatic (C_6H_6). Selain unsur hidrokarbon juga terdapat unsur nonhidrokarbon yang terdiri dari sulfur (S), oksigen (O_2), nitrogen (N), dan juga unsur – unsur logam seperti besi, tembaga, nikel dan vanadium. Unsur – unsur non hidrokarbon diatas disebut dengan impuritas. Dimana unsur impuritas ini dapat mempengaruhi kualitas dari minyak bumi apabila tidak dihilangkan.

Didalam crude oil terdapat beberapa sifat – sifat fisis diantaranya adalah viskositas, dielektrik, konduktivitas, Permeativitas, intensitas medan listrik dan sifat medan listrik (arus bolak balik maupun searah) (P.V. Hemmingsen dkk., 2006).

Salah satu sifat fisis yang akan diteliti dalam penulisan ini adalah viskositas. Viskositas fluida dari percobaan diperoleh dari hubungan fungsional antara variabel bebas (jarak) dan variabel terikat (waktu) dengan analisis regresi linear. Salah satu cara untuk menentukan viskositas fluida adalah dengan metode bola jatuh. Untuk menentukan viskositas dengan bola jatuh terlebih dahulu diketahui data dan parameter dari jari-jari bola, massa jenis bola, massa jenis fluida dan percepatan gravitasi. Pada kenyataannya ada kelemahan utama dalam viskosimeter metode bola jatuh diantaranya adalah kesalahan dalam pengamatan gerak bola dan kesulitan saat menentukan tepatnya waktu yang ditempuh bola dalam fluida dengan jarak tertentu. Pengembangan cara pengukuran viskosimeter

metode bola jatuh telah dilakukan oleh beberapa peneliti untuk mengurangi kesalahan dan kelemahannya. Mujiman melakukan simulasi pengukuran viskositas minyak pelumas dengan menggunakan mikrokontroler AT89S51 dan fototransistor sebagai sensor mengukur waktu bola jatuh. Setiadi dkk, membuat viskosimeter metode bola jatuh dengan menggunakan atmega 8535 dan sensor cahaya LDR. Didik Aryanto dkk telah melakukan pengukuran viskositas gliserin dengan metode bola jatuh berbasis atmega 16 menggunakan sensor infrared. Ridwan dkk, melakukan pengukuran viskositas oli SAE 40 dengan metode bola jatuh menggunakan sensor foto elektrik. Pengukuran viskositas fluida metode bola jatuh yang dilakukan tujuannya untuk mencari kecepatan dan waktu tempuh bola dalam fluida. Sering hal tersebut menyebabkan ketidakpastian dalam hasil pengukuran viskositas zat cair tersebut. Beberapa syarat yang harus diperhatikan dalam menentukan viskositas fluida dengan metode bola jatuh., diantaranya adalah ruang atau tempat bergerak fluida tak terbatas, tidak terjadi aliran turbulensi di dalam fluida, dan kecepatan terminalnya tidak besar.

Pada penelitian ini akan dilakukan rancang bangun viskosimeter metode bola jatuh dengan memanfaatkan teknologi mikrokontroler arduino yang bertujuan meminimalisir kesalahan dalam pencatatan waktu. Alat viskosimeter yang dirancang bangun menggunakan sensor proximity sebagai pendeteksi waktu tempuh bola yang mengalir dalam fluida.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka pada penelitian ini dibuat prototipe viskosimeter digital crude oil dengan metode bola jatuh (falling ball). Dalam pengambilan data waktu tempuh bola dalam fluida menggunakan sensor metal (sensor proximity induktif) dan bola logam, hal ini dilakukan karena sensor proximity memiliki tingkat akurasi yang tinggi bila dibanding dengan menghitung waktu bola jatuh menggunakan stop watch serta sensor proximity juga dapat mendeteksi benda logam dalam larutan hitam seperti crude oil. Data waktu tempuh bola besi yang disensing oleh sensor proximity akan ditampilkan pada layar monitor komputer dan waktu tempuh ini dijadikan parameter untuk menghitung koefisien viskositas crude oil.

Dalam penelitian ini ada empat sampel oli yang digunakan untuk menguji viskositas yaitu sampel oli SAE 10W30, 14W40, 20W 40, dan 20W50,

sehingga dengan hasil uji ini akan dibandingkan dengan viskositas referensi untuk mendapatkan nilai yang mendekati sama. Setelah mendapatkan hasil yang hampir sama maka akan dilakukan pengujian pada crude oil sampel, dimana sampelnya diambil pada daerah Balongan, Indramayu, Jawa barat

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan maka dapat dirumuskan beberapa masalah:

1. Bagaimana membuat alat pengukuran viskositas crude oil.
2. Bagaimana mengkarakterisasi sensor proximity untuk mengukur viskositas crude oil.
3. Bagaimana hubungan temperatur terhadap viskositas crude oil.
4. Bagaimana sensor proximity dapat mendeteksi bola jatuh pada pengukuran viskositas crude oil

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Membuat prototipe viskometer metode bola jatuh pada crude oil dimana waktu tempuh bola jatuh dicatat dengan menggunakan sensor metal (proximity).
2. Untuk mengetahui nilai viskositas crude oil terhadap variasi suhu.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

- a. Sistem otomatis pada prototipe hanya dibuat pada bagian pengambilan data waktu tempuh bola saat melaju dalam cairan dengan jarak yang telah ditentukan dan waktu yang tercatat oleh arduino melalui sensor proximity digunakan untuk menghitung nilai koefisien viskositas fluida.
- b. Diasumsikan crude oil bersifat homogen.
- c. Kajian pembahasan hanya pada perancangan alat pengukuran viskositas pada crude oil.

1.5. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat dimanfaatkan untuk beberapa hal dan diantaranya adalah:

1. Dapat mengukur viskositas crude oil dengan viskkometer yang dibuat.
2. Melakukan kombinasi pengukuran crude oil terhadap variasi suhu

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Crude Oil

Berdasarkan undang – undang nomor 22 tahun 2001, tentang minyak dan gas bumi bahwa minyak bumi adalah hasil proses dari beberapa hidrokarbon yang dalam kondisi tekanan dan temperatur atmosfer berupa fosil cair atau padat, termasuk aspal, lilin mineral otomin dan bitumen yang diperoleh dari hasil penambangan tetapi tidak termasuk batu bara atau endapan hidrokarbon lainnya yang diperoleh dari kegiatan yang tidak diperoleh dengan usaha minyak dan gas bumi. Berikut diberikan contoh jenis crude oil.



Gambar 2.1. Crude oil dengan klasifikasi warna yang berbeda.

Crude oil adalah campuran berbagai hidrokarbon yang terdapat dalam bubuk atau fase cair dalam reservoir dibawah permukaan tanah dan tetap cair pada tekanan atmosfer setelah melalui fasilitas pemisahan diatas permukaan.

Komposisi minyak bumi terdiri atas(Spight, 2001):

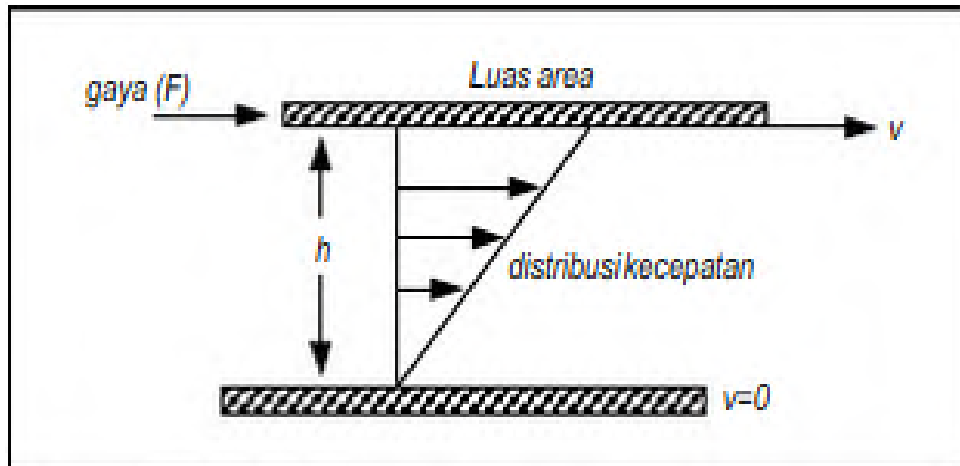
Carbon : 83,00 – 87,00 % wt

Hidrogen	: 10,00 – 14,00 % wt
Sulfur	: 0,05 – 6,00 % wt
Oksigen	: 0,05 – 1,50 % wt
Nitrogen	: 0,10 – 2,00 % wt
Logam	: 1000 ppm

Secara umum minyak bumi terdiri atas senyawa hidrokarbon dan beberapa komponen non hidrokarbon. Senyawa hidrokarbon merupakan senyawa organik yang memiliki unsur karbon dan hidrokarbon pada setiap molekulnya. Dalam minyak bumi senyawa hidrokarbon terdiri atas hidrokarbon parafin, naftan, aromatik, monoolefin dan diolefin. Senyawa - senyawa ini memiliki susunan materi karbon dan titik didih yang berbeda - beda. Sedangkan senyawa non hidrokarbon dalam minyak bumi merupakan senyawa organik yang terdiri atas susunan unsur belerang, oksigen, nitrogen dan logam-logam khusus misalnya besi, tembaga dan vanadium yang jumlahnya sangat sedikit sekali. Unsur senyawa non hidrokarbon dianggap sebagai pengotor (impuritas) karena dapat menyebabkan terjadinya korosi, dan penurunan kualitas minyak bumi selama proses pengolahan minyak bumi (Hutagaol, 2009).

2.2. Viskositas

Viskositas merupakan ukuran kekentalan fluida yang menyatakan besar atau kecilnya gesekan didalam fluida. Pada fluida gas, viskositas terjadi sebagai suatu akibat tumbukan antar molekul gas. Sedangkan viskositas fluida cair terjadi akibat adanya gaya kohesi antar molekul zat cair. Suatu keadaan yang menggambarkan efek viskositas dapat ditunjukkan pada Gambar 2.2 dimana suatu lapisan fluida yang tipis yang terletak pada ruang kecil diantara dua pelat paralel. Berikut ditunjukkan gambar efek viskositas dalam fluida



Gambar.2.2. Efek Viskositas, (Rida Samdara, 2008)

Suatu bidang permukaan bawah yang tetap dibatasi oleh lapisan fluida setebal h , sejajar dengan suatu bidang permukaan atas yang bergerak seluas A . Jika bidang bagian atas itu ringan, yang berarti tidak memberikan beban pada lapisan fluida dibawahnya, maka tidak ada gaya tekanan yang bekerja pada lapisan fluida. Suatu gaya F dikenakan pada bidang bagian atas yang menyebabkan bergerakinya bidang atas dengan kecepatan konstan v , maka fluida dibawahnya akan membentuk suatu lapisan – lapisan yang saling bergeseran. Setiap lapisan tersebut akan memberikan tegangan geser (σ) sebesar F/A yang seragam, dengan kecepatan lapisan fluida yang paling atas sebesar v dan kecepatan lapisan fluida paling bawah sama dengan nol. Maka kecepatan geser (γ) pada lapisan fluida di suatu tempat pada jarak y dari bidang tetap, dengan tidak adanya tekanan fluida menjadi :

$$\gamma = \frac{dv}{dy} = \frac{v}{h} \quad (2.1)$$

Pada fluida Newtonian perbandingan antara besaran kecepatan geser dan tegangan geser adalah konstan.

$$\sigma = \eta \cdot \gamma$$

$$\eta = \frac{dv}{dy} \frac{v}{h} \quad (2.2)$$

dimana parameter (η) ini didefinisikan sebagai viskositas absolut (dinamis) dari suatu fluida. Dengan menggunakan satuan internasional ; Satuan untuk viskositas adalah Poise gr/cm.s atau dapat juga dinyatakan dengan :

$$\eta = \frac{\sigma}{\gamma} = \frac{\frac{N}{m^2}}{\frac{m}{s}} = \text{Pa.s} \quad (2.3)$$

Viskositas fluida dinotasikan dengan η (“eta”) sebagai rasio tegangan geser. Untuk mengukur besaran viskositas diperlukan satuan ukuran. Ada dua jenis viskositas yaitu viskositas dinamik (absolut) dan viskositas kinematik. Viskositas dinamis adalah perkalian antara viskositas kinematik dengan densitas. Dan viskositas kinematik adalah ukuran bagi sifat hambatan bagi cairan. Viskositas kinematik ini dipengaruhi oleh gravitasi. Satuan untuk viskositas dinamik adalah Pa.s atau $\text{Ns/m}^2 = 1 \text{ Pa.s}$ atau $\text{kg/ms} = 1 \text{ Pa.s}$ atau $\text{gr/cm.s} = 0,1 \text{ pa.s}$ atau $\text{Dyne s/cm}^3 = 0,1 \text{ pa.s}$ atau poise, $P = 0,1 \text{ Pa.s}$. atau $\text{cP} = 0,01P$. Sedangkan satuan untuk viskositas kinematik adalah Stokes atau cSt (senti stokes) cm^2/s . Dengan demikian diperoleh hubungan satuan – satuan .

$$1 \text{ Poise} = 10^{-1} \text{ N s/m}^2$$

$$1 \text{ centi Poise} = 10^{-3} \text{ N /m}^2$$

$$1 \text{ Stokes} = 1 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

Seperti halnya kerapatan, besaran viskositas berbanding terbalik dengan perubahan temperatur. Kenaikan suhu akan melemahkan ikatan antar molekul suatu jenis fluida sehingga akan menurunkan nilai viskositasnya.

Apabila perbandingan kecepatan geser terhadap regangan geser tetap maka fluida tersebut merupakan fluida Newton. Sedangkan fluida yang koefisien viskositasnya sangat dipengaruhi oleh gradien kecepatan disebut fluida non Newton. Pada umumnya faktor yang mempengaruhi nilai koefisien viskositas baik fluida Newton maupun non Newton adalah suhu.

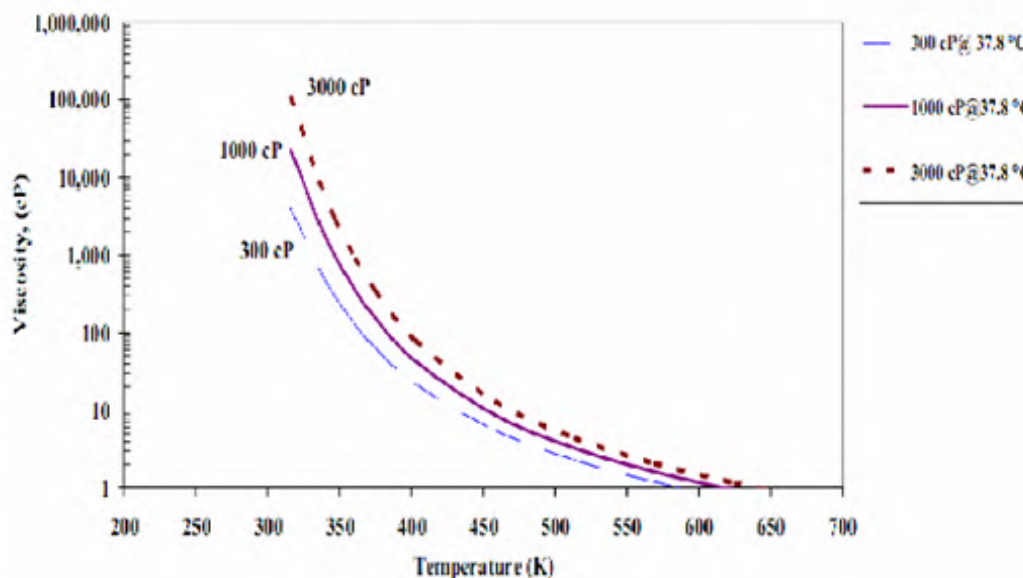
Suhu memiliki pengaruh besar terhadap nilai koefisien viskositas fluida disebabkan temperatur dapat merubah ikatan molekul didalam fluida. Sehingga hubungan suatu suhu terhadap nilai koefisien viskositas fluida adalah berbanding

terbalik. Ketika temperatur fluida tinggi dapat menyebabkan nilai koefisien viskositas semakin kecil, sebaliknya pada suhu yang rendah menyebabkan nilai koefisien viskositas besar.

Alat yang digunakan untuk mengukur nilai koefisien kekentalan atau viskositas fluida disebut viskometer. Terdapat beberapa viskometer yang dapat digunakan untuk menentukan nilai koefisien kekentalan fluida yaitu, viskometer Ostwald, viskometer bola jatuh (falling ball), viskositas bola bergulir (rolling ball), viskometer Cup and Co dan viskometer Cone and Plate (Brookfield).

2.2.1. Viskositas crude oil

Viskositas adalah gerakan internal pada fluida. Gaya viskositas merupakan gerakan fluida relatif terhadap yang lain. Fluida viskositasnya cenderung melekat pada permukaan padat yang bersentuhan langsung dengan fluida dan yang mengalir dengan mudah serta memiliki viskositas yang lebih kecil dari pada cairan kental. Untuk semua jenis fluida, besarnya viskositas tergantung pada suhu. (Young dan Freeman 2002). Sebuah study tentang pengaruh suhu terhadap viskositas minyak yang dilakukan oleh Barillas dkk (2008). Dari tiga jenis viscositas yang berbeda yaitu 3000 cP, 1000 cP, 300 cP dengan kondisi suhu awal $37,8^{\circ}\text{C}$ diperoleh kurva penurunan nilai viskositas minyak setelah suhu minyak dinaikan. Berikut adalah gambar grafik hubungan viskositas terhadap temperatur.



Gambar. 2.3. Pengaruh Suhu terhadap Viskositas Minyak (Barillas, dkk 2008).

Selain itu penelitian tentang reduksi viskositas minyak lainnya dilakukan oleh Salam dkk (2000) dengan viskositas awal 3,1cP pada suhu 100⁰F. Setelah dipanaskan dengan menggunakan gelombang mikro hingga mencapai suhu 600⁰F diperoleh viskositas akhir 0,193cp. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan suhu pada suatu fluida termasuk crude oil akan menyebabkan terjadinya penurunan nilai viskositas pada fluida tersebut.

2.2.2. Menghitung Viskositas Crude Oil dengan Metode Bola Jatuh

Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk menghitung viskositas suatu fluida diantaranya adalah metode bola jatuh (falling ball), bola bergulir (rolling ball), rotasi silinder konsentris (couette) dan lain – lain. Salah metode yang digunakan dalam penulisan ini adalah metode bola jatuh. Metode bola jatuh juga dapat digunakan untuk menghitung viskositas crude oil. Langkah – langkah yang digunakan untuk menghitung viscositas crude oil adalah terlebih dahulu menentukan massa jenis (ρ) crude oil dengan cara menimbang massa crude oil dan menentukan volumenya, menentukan massa jenis volume bola serta jejaringnya. Setelah itu sesuai formula yang baku bahwa masa jenis diperoleh dari

massa dibagi volumenya dengan kata lain massa jenis diperoleh dari massa per volume.

Berikut ini diberikan klasifikasi massa jenis crude oil berdasarkan SG /60⁰F (Spesifik Gravitasi) dimana Spesifik Gravitasi adalah merupakan perbandingan densitas suatu fluida terhadap fluida standar (*reference*) pada temperatur 60⁰ F. Berdasarkan spesifik grafitasi massa jenis (ρ) minyak bumi dibagi 5 macam yaitu

1. Ringan < 0,830
2. Medium Ringan 0,830 – 0,850
3. Medium Berat 0,850 – 0,865
4. Berat 0,865 – 0,905
5. Sangat Berat > 0,905

(Sumber : Mathew Van Winkle. 1967)

Viskositas dapat dihitung dengan menggunakan metode bola jatuh bebas. Dengan menggunakan persamaan Stokes.

$$F_s = W - F_a \quad (2.4)$$

Persamaan (2.4) berlaku untuk bola jatuh bebas ke bawah. Dimana F_s adalah gaya gerak yang terjadi, F_a gaya apung, hubungan antara kedua variabel tersebut dinyakan dengan persamaan berikut.

$$F_r = 6\pi\eta r v \quad (2.5)$$

Sedangkan untuk gaya apung yang terjadi,

$$F_a = \rho_{fluida} \times \rho_{bola} v g \quad (2.6)$$

$$\text{dengan } w = m g \quad (2.7)$$

Substitusi persamaan (2.5) dan (2.6) dan (2.7) ke dalam persamaan (2.4) Sehingga diperoleh,

$$6\pi\eta r v = m g - \rho_{bola} \times \rho_{fluida} \times v \times g \quad (2.8)$$

$$6\pi\eta rv = \rho_{bola} \frac{4}{3}\pi r^3 g - \rho_{fluida} \frac{4}{3}\pi r^3 g \quad (2.9)$$

$$6\pi\eta rv = (\rho_{bola} - \rho_{fluida}) \frac{4}{3}\pi r^3 g \quad (2.10)$$

Dari persamaan diatas untuk mencari koefisien viskositas diperoleh persamaan,

$$\eta = \frac{\frac{4}{3} \pi r^3 g (\rho_{bola} - \rho_{fluida})}{6\pi rv} \quad (2.11)$$

Sehingga persamaan (2.11) diatas menjadi,

$$\eta = \frac{2r^2 g (\rho_{bola} - \rho_{fluida})}{9V} \quad (2.12)$$

$$\text{dimana } \rho = \frac{m}{v} \quad (2.13)$$

$$bola = \frac{4}{3} \pi r^3 \quad (2.14)$$

Dengan menggunakan rumus kecepatan gerak lurus beraturan,

$$V = \frac{x}{t} \quad (2.15)$$

Dimana, x adalah panjang lintasan bola (m) dalam tabung , dan t adalah waktu mengalir bola dalam tabung (sekon). Dan substitusi nilai V ke dalam persamaan (2.12), maka akan diperoleh persamaan (2.16).

$$\eta = \left\{ \frac{2r^2 g (\rho_{bola} - \rho_{fluida})}{9 \frac{x}{t}} \right\} \quad (2.16)$$

Atau dapat ditulis

$$\eta = \left\{ \frac{2r^2 g (\rho_{bola} - \rho_{fluida})}{9 x} \right\} t. \quad (2.17)$$

Persamaan (2.17) menunjukkan hubungan antara viskositas fluida dan kecepatan terminal bola jatuh di dalamnya memiliki volume penampung yang terbatas memerlukan modifikasi dari persamaan (2.17) untuk mengoreksi efek pada kecepatan bola karena interaksinya dengan wadah dinding (W) dan bagian bawah dari arah bola jatuh (E). Hal inilah yang disebut dengan faktor koreksi, dan

wadah silinder dengan jejari r dan tinggi H , sehingga faktor koreksi dari persamaan (2.17) dapat ditulis,

$$\eta = \left\{ \frac{2r^2 g (\rho_{bola} - \rho_{fluid}) W}{9 \times (E)} \right\} t. \quad (2.18)$$

$$\text{Dimana, } W = 1 - 2,104 \left(\frac{rs}{r} \right) + 2,09 \left(\frac{rs}{r} \right)^3 - 0,9 \left(\frac{rs}{r} \right)^5, \quad (2.19)$$

r jejari tabung

$$\text{Dan } E = 1 + 1,33 \left(\frac{rs}{H} \right) \quad (2.20)$$

Koreksi dinding secara empiris berlaku dari $0.16 \leq rs / r \leq 0.32$, dimana rs adalah jejari bola dan r adalah jejari tabung, di luar kisaran ini, efek dari dinding penampung secara signifikan mengganggu kecepatan terminal bola, sehingga menimbulkan nilai viskositas yang tidak tepat. (John G. Webster Halit Eren, Halaman 64-13)

Dengan mengacu pada perbandingan jejari tabung dan jejari bola yang dilakukan dalam penilitan ini besarnya jejari bola (rs) nya adalah 0,4 cm dan diameter tabung dalam (d) adalah 3cm, maka jejarnya adalah (r) 1,35 sehingga perbandinganya adalah 0,29 maka hal ini sesuai dengan ketentuan diatas, jadi faktor koreksi dapat dilakukan dari dua sisi yaitu faktor W dan E . Sisi W adalah gesekan dinding pada tabung, dan E adalah gesekan bola pada saat melintas ke bawah.

2.3. Sistem Akuisisi Data

Salah satu sistem yang sudah sangat familiar dipakai didunia industri adalah sistem supervisory control and data acquisition atau SCADA. Tiga fungsi dasar SCADA adalah monitoring (pengawasan), kontrol dan fungsi user interface (UI). Fungsi pengawasan mengumpulkan data dan mengirimkannya ke komputer central. Fungsi kontrol mengumpulkan data dari sensor pada fungsi pengawasan, memproses data tersebut dan mengirimkan sinyal kontrol kembali kepada peralatan sesuai yang diarahkan program software. Dalam penelitian ini

menggunakan sensor proximity kemudian datanya dikirim ke arduino. Pada sistem ini digunakan komunikasi dua arah, yaitu pengambilan data maupun pengiriman data yang dilakukan oleh operator. Pada dasarnya, pengukuran secara konvensional menghasilkan data analog seperti temperatur, laju aliran dan tekanan. Agar data dapat diolah dan ditransmisikan, maka dilakukan pendigitalan data analog, dengan menggunakan rangkaian ADC analog to digital converter.

Sistem akuisisi data terdiri dari beberapa proses, antara lain mengubah data analog menjadi digital, komunikasi data dengan perangkat pendukung, komunikasi jaringan ethernet. Proses komunikasi data yang standart yakni dengan menggunakan komunikasi serial, komunikasi ini lebih sering digunakan pada perangkat pendukung diantaranya, modul SD card, Arduino, dan beberapa sensor. Komunikasi jenis ini, merubah data digital kedalam sinyal on dan off (disebut sebagai bit) pada suatu saat tertentu yang kemudian sinyal dikirimkan sepanjang kabel penghubung. Perangkat keras yang digunakan untuk sistem akuisisi data pada penelitian ini antara lain sensor metal (karena yang akan dideteksi adalah bola besi), arduino, dan modul SD card, yang lebih jelasnya akan dibahas pada sub bab dibawah ini.

2.3.1. Karakteristik Sensor

Sensor atau transduser dapat digunakan sebagai bagian dari sistem instrumentasi dan dapat pula digunakan untuk kepentingan pengendalian. Dalam aplikasi sebuah sensor harus memenuhi persyaratan kualitas atau karakteristik utama sensor sebagai berikut (Fraden, 2010).

- a. Linearitas, yaitu kemampuan sensor untuk menghasilkan karakteristik keluaran – masukan yang linier. Linier dalam hal ini hubungan antara besaran input yang dideteksi menghasilkan besaran output dengan hubungan berbanding lurus dan dapat digambarkan secara grafik membentuk garis lurus.
- b. Sensitifitas yaitu menyatakan perbandingan keluaran sensor terhadap perubahan masukanya. Linieritas sensor juga mempengaruhi sensitifitas dari sensor. Apabila tanggapanya linier maka, sensitifitasnya juga akan sama untuk jangkauan pengukuran keseluruhanya.

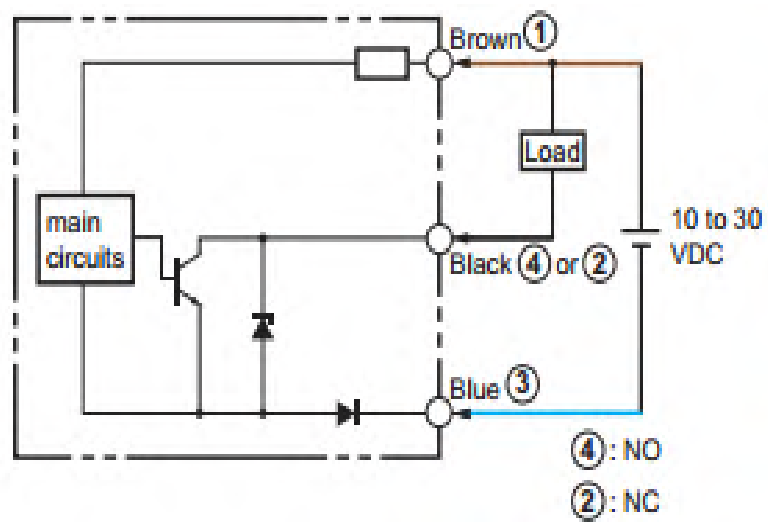
- c. Repeability, yaitu kemampuan untuk menghasilkan kembali keluaran yang sama ketika mengukur besaran yang sama, dalam kondisi lingkungan yang sama.
- d. Jangkauan pengukuran, yaitu kemampuan sensor mengindera dalam melakukan pengukuran.
- e. Presisi, yaitu tingkat kendali dari data yang diperoleh. Artinya menghasilkan pengulangan yang sama tanpa memperhatikan ketepatan.
- f. Saturasi, yaitu batas pengoperasian sensor. Pada beberapa tingkat stimulus jika dianggap linier maka sensor tidak lagi responsif. Sebuah kenaikan lebih lanjut dalam stimulus tidak menghasilkan output yang diinginkan.
- g. Kalibrasi, yaitu kegiatan untuk menentukan nilai kebenaran dan untuk membandingkannya dengan standart pengukuran.

2.3.2. Sensor Metal / Sensor Proximity

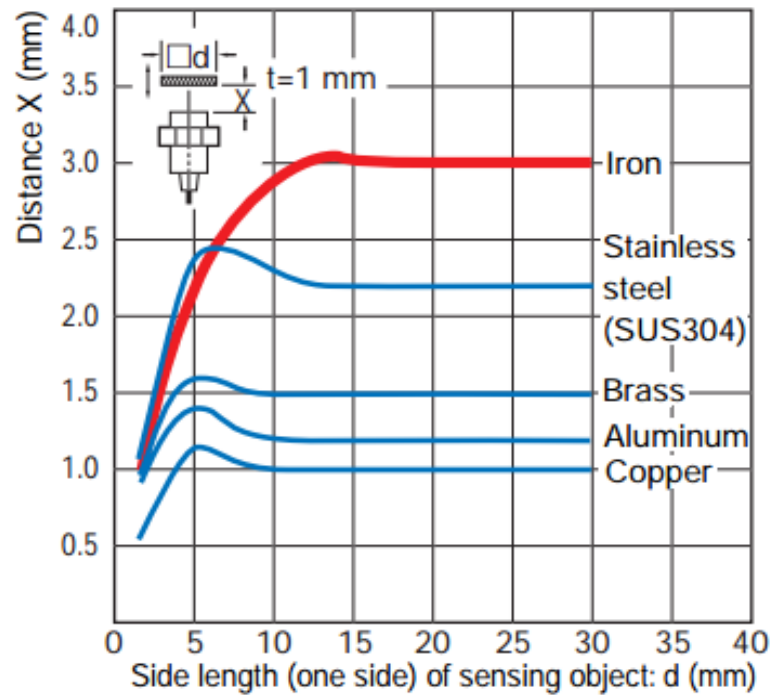
Prinsip yang digunakan adalah pada perubahan induktansi. Inductive proximity sensor dapat mendeteksi keberadaan benda-benda logam pada jangkauan area osilasi sensor, osilator internal yang dimiliki sensor akan menciptakan medan elektromagnetik berfrekuensi tinggi yang akan terpancar dari muka sensor, apabila terdapat sebuah objek metal yang berada pada daerah ini, maka akan tercipta arus Eddy kemudian akan diinduksi kedalam objek, seperti yang dijelaskan pada gambar dibawah ini. Apabila logam bergerak mendekati sensor, maka aliran arus Eddy akan meningkat dan mengakibatkan peningkatan penyerapan energi dari kumparan yang akan mengimbangi amplitudo osilasi sampai akhirnya berhenti. Pemilihan jenis sensor proximity ini bergantung pada ukuran, jarak pengukuran dan material objek. Dibawah ini ditunjukkan bentuk fisik, diagram dan karakteristik sensor proximity.



Gambar. 2.4. Bentuk fisik Sensor Proximity.



Gambar. 2.5. Diagram Sensor Proximity. (data sheet)

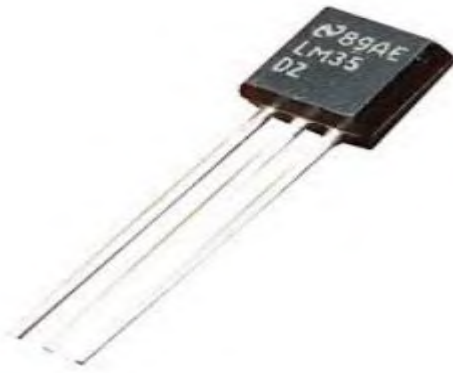


Gambar. 2.6. Karakteristik Sensor Proximity. (data sheet)

Dari gambar diatas dapat terlihat jelas, bahwa sumbu horizontal dan vertikal adalah ukuran objek sensing yang menunjukkan perubahan penginderaan jarak akibat ukuran dan bahan dari objek yang disensing. Jarak sensing yang sesuai terdapat pada data sheet adalah antara 0 mm sampai dengan 30 mm.

2.3.3. Sensor Temperatur LM35

Sensor suhu LM35 merupakan komponen elektronik dalam bentuk chip IC dengan 3 kaki (3 pin) yang berfungsi untuk mengubah besaran fisis suhu menjadi tegangan, yaitu besaran berupa temperatur pada sekitar sensor dan diubahnya menjadi besaran elektris dalam bentuk perubahan tegangan. Parameter LM35 yang dimiliki adalah bahwa setiap kenaikan 1 °C tegangan keluarannya naik sebesar 10 mV. Batas maksimal keluaran sensor adalah 1,5 Volt pada suhu 150 °C. Misalnya pada perancangan menggunakan sensor temperatur LM35, kita dapat menentukan keluaran ADC mencapai full scale pada saat temperatur 100 °C, sehingga saat suhu 100 °C tegangan keluaran transduser ($10\text{mV}/^{\circ}\text{C} \times 100\text{ }^{\circ}\text{C}$) = 1Volt. Berikut ditunjukkan gambar bentuk fisis sensor temperatur LM35. Berikut bentuk fisik dari LM35



Gambar.2.7. Bentuk fisik sensor LM35.

Meskipun tegangan sensor temperatur LM35 ini dapat mencapai 30 volt akan tetapi yang diberikan ke sensor adalah sebesar 5 volt, sehingga dapat digunakan dengan catu daya tunggal dengan ketentuan bahwa LM35 hanya membutuhkan arus sebesar 60 μA hal ini berarti LM35 mempunyai kemampuan menghasilkan panas (self-heating) dari sensor yang dapat menyebabkan kesalahan pembacaan yang rendah yaitu kurang dari 0,5 $^{\circ}\text{C}$ pada suhu 2 $^{\circ}\text{C}$.

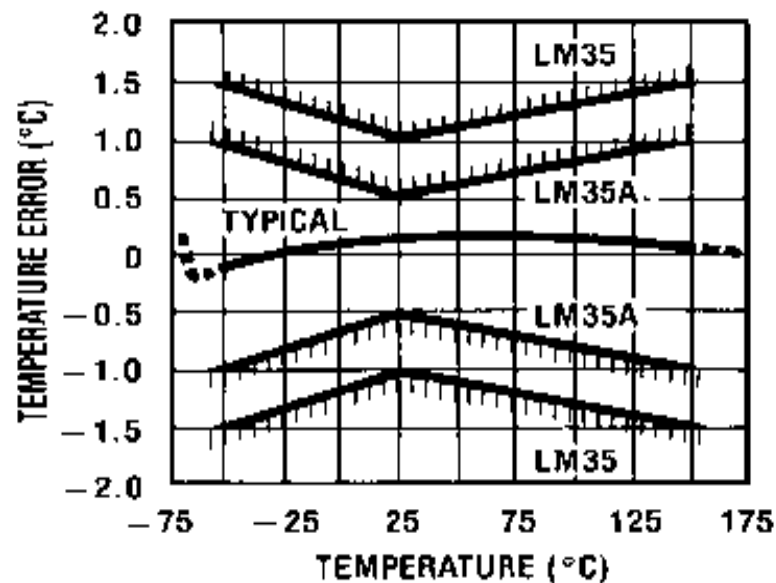
Berikut ini adalah karakteristik dari sensor suhu LM35 berdasarkan data sheet.

Memiliki sensitifitas suhu, dengan faktor skala linier antara tegangan dan suhu 10 mVolt/ $^{\circ}\text{C}$, sehingga dapat dikalibrasi langsung dalam derajat celcius.

- Memiliki ketepatan atau akurasi kalibrasi yaitu 0,5 $^{\circ}\text{C}$ pada suhu 25 $^{\circ}\text{C}$.
- Memiliki jangkauan maksimal operasi suhu antara -55 $^{\circ}\text{C}$ sampai +150 $^{\circ}\text{C}$.
- Bekerja pada tegangan 4 sampai 30 volt.
- Memiliki arus rendah yaitu kurang dari 60 μA .
- Memiliki pemanasan sendiri yang rendah (low-heating) yaitu kurang dari 0 $^{\circ}\text{C}$ pada udara diam.
- Memiliki impedansi keluaran yang rendah yaitu 0,1 W untuk beban 1 mA.
- Memiliki ketidaklinieran hanya sekitar $\pm \frac{1}{4}^{\circ}\text{C}$.

Penggunaan sensor temperatur dalam penelitian ini adalah untuk mengatur temperatur pada oli samapel dan crude oil yang akan diuji, tujuannya adalah

untuk mengetahui seberapa besar temperatur yang diinginkan dalam pengujian ini. Penggunaan sensor temperatur ini dikolaborasi dengan menggunakan arduino. Karakteristik yang digunakan untuk sensor temperatur LM35 adalah dengan mengacu pada data sheet sensor tersebut. Berikut ditunjukkan garfik karakteristik sensor LM35.

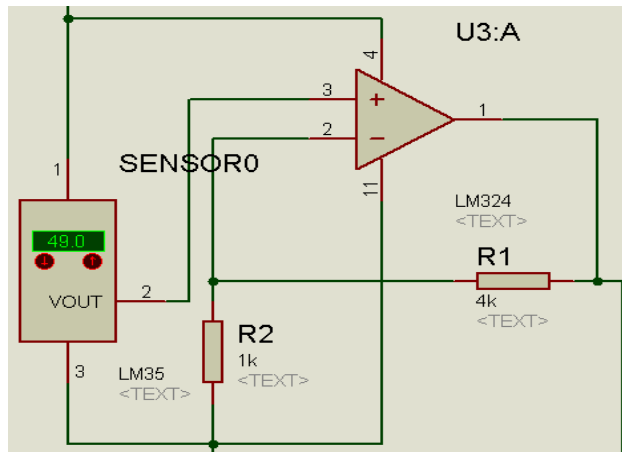


Gambar.2.8. Grafik akurasi LM35 terhadap temperatur. (data sheet)

Sensor LM35 bekerja dengan mengubah besaran temperatur menjadi besaran tegangan. Tegangan ideal yang keluar dari LM35 mempunyai perbandingan 100 °C setara dengan tegangan 1 volt. Sensor ini mempunyai pemanasan diri (self heating) kurang dari 0,1 °C, dapat dioperasikan dengan menggunakan power supply tunggal dan dapat dihubungkan pada antar muka (interface) rangkaian control. IC LM35 sebagai sensor temperatur sangat teliti dan terkemas dalam bentuk Integrated Circuit (IC), dimana output tegangan keluaran sangat linear terhadap perubahan temperatur. Sensor ini berfungsi sebagai pengubah dari besaran fisis temperatur ke besaran tegangan yang memiliki koefisien sebesar 10 mV / °C yang berarti bahwa kenaikan suhu 1 °C maka akan terjadi kenaikan tegangan sebesar 10 mili Volt.

2.3.4 Rangkaian Pengkondisi Sinyal

Pengkondisi sinyal berfungsi untuk menguatkan tegangan keluaran sensor temperatur LM35 agar dapat diproses pada peralatan selanjutnya dalam hal ini oleh mikrokontroller. Jangkauan pengukuran dirancang agar dapat dilakukan pada kisaran 0 °C sampai 100 °C, sehingga dibutuhkan penguatan agar tegangan maksimum dari sensor suhu sama dengan tegangan ADC pada saat skala penuh.



Gambar 2.9. Rangkaian Pengkondisi Sinyal

Keluaran tegangan sensor temperatur dikuatkan dengan rangkaian penguat tak membalik. Tegangan masukan sensor sebesar 1V pada 100 °C dan tegangan keluaran yang diinginkan sebesar 5V, maka dapat dihitung nilai tahanan untuk penguat tak membalik sebagai berikut.

$$v_{out} = 5 - 0 = 5 \text{ volt}$$

$$v_{in} = 1 - 0 = 1 \text{ volt}$$

$$r_1 = 1k \Omega$$

$$\text{yang dicari } r_2, r_2 = 4k\Omega$$

Dapat dibuktikan dengan menggunakan persamaan :

$$V_{out} = V_{in} \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1} \right)$$

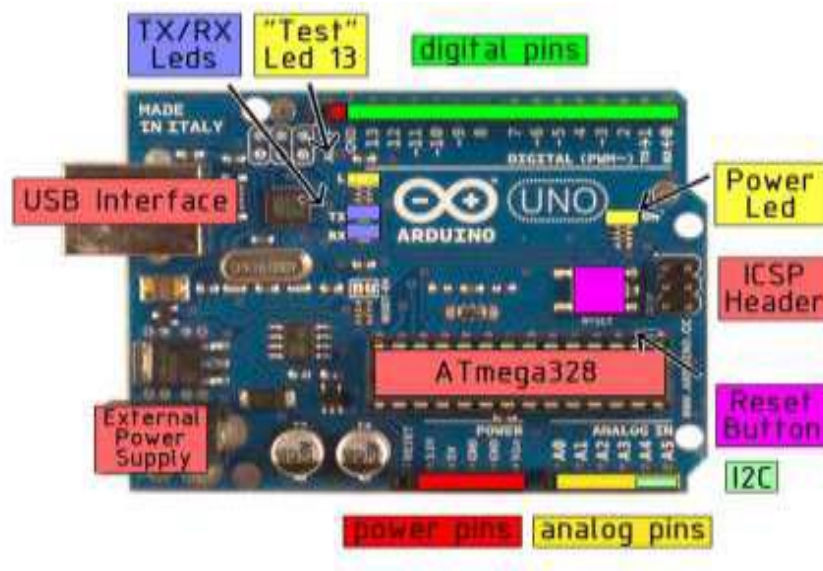
$$V_{out} = 1 \left(\frac{1 + 4}{1} \right)$$

$$V_{out} = 1 \text{ (5)}$$

$$V_{out} = 5 \text{ volt}$$

2.3.4. Arduino

Arduino adalah suatu perangkat pengendali mikro single - board yang bersifat open - source, yang dirancang untuk mempermudah pengguna mikrokontroller. Basis mikrokontroller yang digunakan adalah mikrokontroller Atmega 328 , keunggulan dari jenis mikrokontroller ini adalah dengan adanya fitur ADC didalamnya, timer dan komunikasi serial yang akan digunakan pada penelitian ini. Perangkat lunak yang digunakan pada board ini bersifat open-source, yang mudah didapatkan dengan nama arduino IDE. Mikrokontroller ini memiliki resolusi 10 bit. Tujuan dari pemrograman arduino ini adalah untuk dapat membaca input dari rangkaian elektronik serta memproses sinyal untuk ditransmisikan ke komponen pendukung lainnya, dalam penelitian ini akan digunakan modul SD card sebagai perangkat komunikasi dari arduino ini. Berikut adalah contoh dan fungsi dari perangkat arduino;



Gambar. 2.10. Gambar perangkat dan komponenn- komponen arduino

- Arduino terdiri dari 14 pin input/output digital (0-13) yang berfungsi sebagai input atau output, dapat diatur oleh program. Khusus untuk 6 buah pin 3, 5,

6, 9, 10 dan 11, dapat juga berfungsi sebagai pin analog output, dimana tegangan outputnya dapat diatur. Nilai sebuah pin output analog dapat diprogram antara 0 – 1023, dimana hal itu mewakili nilai tegangan 0 – 5 volt.

- USB Berfungsi untuk mengisi program dari komputer ke dalam papan arduino, komunikasi serial antara papan dan komputer, memberi daya listrik kepada perangkat arduino.
- Sambungan SV1 atau jumper digunakan untuk memilih sumber daya arduino, apakah dari sumber eksternal atau menggunakan USB. sambungan ini tidak diperlukan lagi pada papan perangkat arduino versi terakhir karena pemilihan sumber daya eksternal atau USB dilakukan secara otomatis.
- Kristal (quartz crystal oscillator)/Q1, Jika mikrokontroler dianggap sebagai sebuah otak, maka kristal adalah jantungnya karena komponen ini menghasilkan detak-detak yang dikirim kepada mikrokontroler agar melakukan sebuah operasi untuk setiap detaknya. Kristal ini dipilih yang berdetak 16 juta kali per detik (16 MHz).
- Tombol Reset S1, untuk me-reset program yang terdapat pada papan arduino sehingga program akan mulai lagi dari awal, tombol reset ini bukan untuk menghapus program atau mengosongkan mikrokontroler akan tetapi untuk mengaktifkan arduino pada keadaan awalnya.
- Circuit Serial Programming (ICSP), memungkinkan pengguna untuk memprogram mikrokontroler secara langsung, tanpa melalui bootloader. Umumnya pengguna arduino tidak melakukan ini sehingga ICSP tidak terlalu dipakai walaupun disediakan.
- IC 1 = Mikrokontroler atmega328 adalah komponen utama dari papan perangkat Arduino, di dalamnya terdapat CPU, ROM dan RAM.
- X1 = Sumber Daya External. Jika hendak disuplay dengan sumber daya eksternal, papan perangkat arduino dapat diberikan tegangan DC antara 9 - 12 volt.
- 6 Pin Input analog (0 - 5). Pin ini sangat berguna untuk membaca tegangan yang dihasilkan oleh sensor analog, seperti sensor temperatur.

Program dapat membaca nilai sebuah pin input antara 0 – 1023, dimana hal itu mewakili nilai tegangan 0 – 5 volt.

2.4. Sifat Dielektrik Crude Oil

Suatu sifat non konduksi disebut dielektrik. Pada bahan dielektrik umumnya distribusi elektron tanpa kehadiran medan listrik luar adalah sedemikian sehingga titik pusat muatan positif berimpit dengan muatan negatif pada setiap molekul. Akan tetapi apabila benda berada dalam medan listrik diluar maka muatan negatif cenderung bergeser kearah yang berlawanan dengan arah medan, sedangkan muatan positif bergerak searah dengan arah medan. Akibatnya muatan positif tidak berimpit dengan muatan negatif. Molekul – molekul tersebut menjadi satu atau dwikutub/dipol. Dengan demikian kehadiran medan listrik luar menyebabkan dipol molekul – molekul mengalami moment atau putaran.

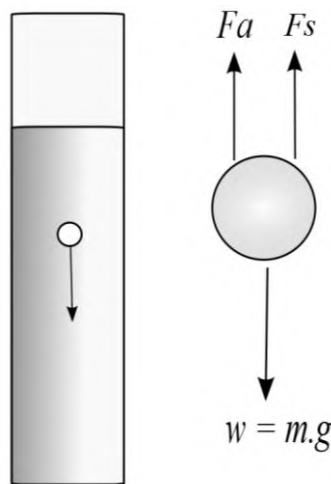
Dielektrik dapat melemahkan medan listrik antara keping – keping sesuatu karena kehadiran medan listrik luar sehingga molekul – molekul didalam dielektrik akan menghasilkan medan listrik tambahan yang arahnya berlawanan dengan arah medan listrik luar. Didalam molekul dielektrik bersifat polar maka dielektrik tersebut memiliki dipol permanen. Dalam keadaan normal dipol bergerak secara acak.

Dalam crude oil sifat dielektrik memegang peranan penting dalam memprediksi suatu teori dalam ekivalensi yang akurat dari medan elektromagnetik yang ditentukan oleh adanya daya disipasi gelombang mikro dalam bahan dielektrik. Daya disipasi menyatakan besarnya daya gelombang mikro yang diserap oleh bahan dielektrik. Perubahan dalam dielektrik akan menghasilkan temperatur. Selain itu sifat dielektrik ini akan berpengaruh pada energi disipasi dengan efek variasi dari distribusi suhu.

2.5. Deskripsi Viscometer Bola Jatuh

Viskometer bola jatuh merupakan jenis viskometer yang paling sering digunakan sebagai sarana untuk mempelajari prinsip pengukuran nilai koefisien viskositas fluida statis. Fluida yang dimaksud merupakan fluida cair dalam hal ini adalah crude oil. Hal ini disebabkan prinsip pengukuran viskometer bola jatuh yang sederhana. Prinsip pengukuran viskometer bola jatuh adalah mengukur waktu tempuh bola besi yang dijatuhkan secara vertikal dalam sebuah tabung pipa acrylik yang berisi fluida dalam keadaan diam. Pengukuran nilai koefisien viskositas fluida menggunakan viskometer bola jatuh mengikuti kaidah hukum Stokes.

Hukum Stokes menyatakan bahwa apabila sebuah benda bergerak dengan kecepatan (v) dalam suatu fluida dengan nilai koefisien viskositas tertentu, benda tersebut akan mengalami gaya gesek fluida yang disebut gaya stokes (F_r). Nilai k merupakan konstanta yang bergantung terhadap bentuk geometri benda. Menurut Sir George Stokes benda dengan bentuk geometris berupa bola memiliki nilai k sebesar $6\pi r$. (Seperti yang tertera pada persamaan 2.2 diatas).



Gambar 2.11. Gaya yang bekerja pada benda yang bergerak dalam fluida diam

Ketika bola bergerak dalam fluida yang diam, maka gaya - gaya yang bekerja pada bola adalah gaya berat (w), gaya apung (F_a) dan gaya gesek akibat adanya viskositas dalam fluida dan gaya ini disebut dengan gaya stokes (F_s).

Gaya - gaya yang bekerja pada bola ditunjukkan pada Gambar 2.12. Bola mula-mula mendapat percepatan gravitasi. Saat setelah bergerak cukup jauh, bola akan bergerak dengan kecepatan tetap atau kecepatan akhir ini disebut kecepatan terminal yaitu pada saat gaya berat bola sama dengan gaya apung ditambah gaya gesek cairan atau gaya stokes. penentuan koefisien kekentalan air dengan koreksi efek dinding menggunakan hukum Stokes.

2.6. Hubungan viskositas dan pemitivitas.

Permitivitas adalah kuantitas fisik yang menggambarkan pengaruh medan listrik terhadap medium dielektrik. Nilai permitivitas ditentukan oleh kemampuan bahan dari medium yang terpolarisasi untuk menyampaikan atau sebagai respons dari medan tersebut, yang pada akhirnya juga mengurangi medan listrik dalam bahan. Jadi permitivitas berkaitan dengan suatu material untuk menyampaikan atau memperbolehkan suatu medan listrik. Dalam ruang hampa atau tanpa adanya medium permitivitas dilambangkan dengan $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$ F/m, sedangkan dalam bahan atau medium dilambangkan dengan ϵ yang merupakan hasil perkalian nilai permitivitas dalam hampa dengan nilai permitivitas relatif $\epsilon = \epsilon_r \cdot \epsilon_0$. (Rully Bramasati, 2012)

BAB 5

SIMPULAN DAN SARAN

1.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengukuran dapat disimpulkan bahwa,

- b. Alat yang dibuat berfungsi dengan baik, hal ini ditunjukkan dengan adanya nilai viskositas yang terukur mendekati kalibrasinya.
- c. Perbandingan nilai kalibrator dan hasil pengujian adalah sebesar 56 %, nilai ini diambil dari angka tertinggi antara hasil perhitungan dan sampel.
- d. Nilai Viskositas hasil pengujian crude oil pada temperatur 30⁰C adalah 126,06 cP, dan pada temperatur 60⁰C nilai viskositas crude oil adalah 98,5 cP

5.2. Saran.

Untuk mendapatkan hasil pengukuran dan ketelitian yang baik, maka pengujian harus dilakukan secara berulang.

DAFTAR PUSTAKA

- A. W. Sears and M. W. Zemansky, University Physics (Terjemahan Soerdajana dan Amir Achmad. Jakarta, Bina Cipta, 1991), n.d.)
- A. Budianto, Metode Penentuan Koefisien Kekentalan Zat Cair dengan Menggunakan Regresi Linear Hukum Stokes, Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir, 157-166, Yogyakarta: Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir, 2008.,
- Barillas, J.L.M., Dutra, T.V., Mata, W., (2008), 'Petroleum and Gas', Improved Oil Recovery Process For Heavy Oil: A Review, Brazilian Journal of Petroleum and Ga. Vol. 2. Hal. 45-54.
- DEPKEU. 2001. UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA NOMOR 22 TAHUN 2001 TENTANG MINYAK DAN GAS BUMI. [http://www.sjdih.depkeu.go.id/fullText/2001/22 Tahun 2001UU.HTM](http://www.sjdih.depkeu.go.id/fullText/2001/22_Tahun_2001UU.HTM) . Diakses tanggal 26 maret 2016.
- Data Sheet OMRON INDUSTRIAL.
- E.Y. Sheu, D.A. Storm, M.B. Shields, Dielectric response of asphaltenes in solvent, Energy Fuels 8 (1994) 552–556.
- Hutagaol, N.I, (2009), Studi Pengaruh Kadar Hidrogen Sulfida Yang Terdapat Pada Minyak Bumi Dalam Proses Pengolahan Di PT. PERTAMINA EP Region Sumatra Field Pangkalan Susu, Tugas Akhir, Universitas Sumatra Utara.)
- Hemingsen, P.V. Kim, S. Pettersen, H.E. Sjöblom, J. Marshall, A.G. 2006 Energy and Fuels,
- K. Walters and W. Jones, Measurement of Viscosity (Instrumentation Reference Book. Editor B. E. Noltingk. Oxford, ButterwothHeinemann, 1996)., <https://industrial.omron.eu/en/products/downloads>).
- Kamus Fisika, Rully Bramasti, 2001
- Measurement Instrumentation, and Sensors Handbook, John G. Webster Halit Eren,
- Mujiman, TELKOMNIKA, 6, 1, 49 (2008),
- Mathew Van Winkle. 1967. Distillation. USA: McGraw-Hill, IncEdmister, Applied Hydrocarbon Thermodynamics Materi Kuliah AKAMIGAS-STEM: Perancangan Proses Migas - D IV,
- PEMBUATAN DAN PENGUJIAN VISKOMETER TABUNG.Ridwan*), Elbi Wiseno*), Petjo Gangsar Suwargo,
- PEMBUATAN SISTEM PENGUKURAN VISKOSITAS FLUIDA SECARA DIGITAL MENGGUNAKAN SENSOR EFEK HALL UGN3503 BERBASIS ARDUINO UNO328 Nurry Putri Tissos, Yulkifli, Zuhendri Kamus,”
- Rancang Bangun Viskosimeter Fluida Metode Bola Jatuh Bebas Berbasis Mikrokontroler ATMEGA16. Didik Aryanto, Ernawati Saptaningrum, dan Wijayanto Jurusan Pendidikan Fisika, FPMIPA, IKIP-PGRI Semarang,
- Rida Samdara / Jurnal Gradien Vol. 4 No. 2 Juli 2008 : 342-348),”

S. W. Suciati dan A. Surtono, Pemanfaatan Sensor Koil Sebagai Detektor Pencatat Waktu pada Viscosimeter Metode Bola Jatuh Berbasis Komputer, Seminar Hasil Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat. 143-149. Lampung, Universitas Lampung, 2009.

VISCOSITY OF CRUDE OILS KAREN SCHOU PEDERSEN and AAGE FREDENSLUND* Instituttet for Kemiteknik, The Tech&al University of Denmark, DK-2800 Lyagby, Demark PETER L. CHRISTENSEN Risa National Laboratory, DK-4000 Roskilde, Denmark

Young and Freedman, 2002, Fisika Universitas Edisi Kesepuluh. Jakarta : Erlangga.,

TENTANG PENULIS



Penulis dilahirkan pada tanggal 02 April 1969 di kota Ambon, merupakan anak ke 6 dari enam bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di beberapa sekolah antara lain SDN I poka tahun 1984, SMP Negeri 7 Ambon tahun 1987, dan lulus dari SMA negeri 3 Ambon tahun 1990. Penulis melanjutkan jenjang pendidikan D III pada Politeknik negeri Ambon dan diterima pada Jurusan Teknik Listrik. Judul tugas akhir *SYSTEM PENGATURAN LAMPU AUTOMATIS DENGAN MENGGUNAKAN LDR*. Setelah selesai pendidikan dari Politeknik negeri Ambon penulis sempat bekerja pada PT. Jayanti group tahun 1995 pada bagian maintenance Listrik. Pada tahun 1995 juga penulis pernah bekerja pada PT. Panggung Elektronik Cabang Ambon. Pada tahun 1996 penulis pernah bekerja pada PT. Hasjrat Abadi cabang Ambon, pada bidang elektronik. Pernah ditraining pada PT. LG. ASTRA ELEKTRONIK dan PT SAMSUNG di manufaktur pada kedua perusahaan ini. Hal ini di jalani karena PT Hasjrat Abadi Cabang Ambon adalah distributor dari kedua perusahaan ini. Pada tahun 1999 penulis menjadi PNS pada Politeknik negeri Ambon dan ditempatkan sebagai laboran pada laboratorium Teknik Listrik. Pada tahun 2004 Penulis melanjutkan pendidikan S1 pada Institut Teknologi Pembangunan Surabaya, dengan judul skripsi *PERENCANAAN PENGGEREMAN MOTOR INDUKSI TIGA FASA MENGGUNAKAN KAPASITOR*. Dan pada tahun 2013, oleh kementrian pendidikan tinggi melalui program pendidikan 3T untuk daerah tertinggal (SAINTEK) dan penulis mengikuti program ini diterima pada Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, dengan judul tesis *PEMBUATAN PROTOTIPE ALAT VISKOSITAS CRUDE OIL DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR PROXIMITY*.